

Термін *біологія* був запропонований видатним французьким природодослідником і еволюціоністом Ж. Б. Ламарком у 1802 р. для позначення науки про життя як особливе явище природи. Сьогодні біологія є комплексом наук, що вивчають живу природу, закони її існування та розвитку. Вона характеризується високою спеціалізацією дисциплін, що входять до її складу, й одночасно їхньою тісною взаємодією. Одними з перших у біології сформувалися комплексні науки, які описують життєдіяльність об'єктів живої природи: *ботаніка* — наука про рослини, *зоологія* — наука про тварин, *анатомія людини* — наука про будову людського тіла, *морфологія* — наука про форму та будову організмів.

Різноманітність організмів і розподіл їх за групами на підставі певних критеріїв вивчає *систематика*. Дослідженням історії органічного світу займається *палеонтологія* та її галузі — *палеозоологія* та *палеоботаніка*. Спосіб життя живих істот та їх взаємодію із середовищем існування розглядає *екологія*. Закономірності індивідуального розвитку організмів досліджує *біологія розвитку*.

З розвитком нових методів дослідження з'являються *фізіологія*, яка вивчає функції біологічних систем, *цитологія*, що розглядає будову клітини, *генетика*, яка описує закономірності спадковості та мінливості ознак. У ХХ ст. на межі з суміжними науками (фізикою, хімією, математикою) виникли нові біологічні напрями — *молекулярна біологія* і *біохімія*, які досліджують молекулярні основи життя, *генна інженерія*, яка створює живі організми за допомогою маніпуляцій з генетичним матеріалом, *біофізика*, що описує фізичні закономірності в біології, *радіобіологія*, що вивчає дію радіоактивного випромінювання на живі об'єкти.

Рівні організації живої матерії

Для будь-якої живої природи характерна складна ієрархічна супідрядність рівнів організації її структур.

Молекулярний рівень. Будь-яка жива система складається з біологічних макромолекул — нуклеїнових кислот, білків, полісахаридів та інших органічних речовин. З цього рівня починаються різноманітні процеси життєдіяльності організмів: обмін речовин, перетворення енергії, передача спадкової інформації.

Клітинний рівень. Клітина є структурно-функціональною одиницею всіх живих організмів,

існуючих на Землі (виняток становлять віруси). На клітинному рівні сполучаються процеси передачі інформації та перетворення речовин і енергії.

Організменний рівень. Елементарною одиницею організмів є особина (індивід), яка розглядається в розвитку — від моменту зачаття до припинення існування — як жива система. На цьому рівні вивчають особину та властиві їй як цілому риси будови та поведінки.

Популяційно-видовий рівень. *Популяція* — надорганізмена система, в якій здійснюються елементарні еволюційні перетворення. На цьому рівні вивчають чинники, що впливають на чисельність популяцій, проблему збереження зникаючих видів, чинники мікроеволюції.

Біогеоценотичний рівень. На цьому рівні здійснюється взаємодія організмів між собою і з чинниками неживої природи, що визначають їх чисельність, видовий склад і продуктивність.

Біосферний рівень. *Біосфера* — сукупність усіх біогеоценозів, система, що охоплює всі явища життя на нашій планеті. На цьому рівні відбувається колообіг речовин і перетворення енергії, пов'язані з життєдіяльністю всіх живих організмів.

Основні властивості живих організмів

Єдність хімічного складу. До складу живих організмів входять ті ж хімічні елементи, що й до об'єктів неживої природи. Проте співвідношення елементів у живому та неживому неоднакове. Живі організми на 98 % складаються з Карбону, Гідрогену, Оксигену і Нітрогену.

Обмін речовин і енергії. Важлива ознака живих систем — використання зовнішніх джерел речовини й енергії у вигляді їжі, світла тощо. Через живі системи проходять потоки речовин і енергії, отже, вони є відкритими. Основу обміну речовин складають взаємопов'язані й збалансовані процеси *асиміляції* (*анаболізму*) — синтезу з витратою енергії, і *дисиміляції* (*катаболізму*) — розпаду з виділенням енергії. Обмін речовин забезпечує відносну сталість хімічного складу організмів.

Самовідтворення. Існування кожної окремо взятої біологічної системи обмежене в часі. Підтримка життя пов'язана із самовідтворенням, завдяки якому життя виду не припиняється. В основі відтворення лежить спадковість — властивість перенесення інформації про ознаки організму від батьківської особини до дочірньої. Ця інформація закодована в структурі ДНК.

Мінливість. Відносна пристосованість організмів до середовища забезпечується мінливістю — здатністю набувати нових ознак і властивостей. Мінливість створює матеріал для природного добору.

Ріст і розвиток. Під ростом розуміється збільшення розмірів і маси особин із збереженням загальних рис будови. Ріст супроводжується розвитком, у результаті якого виникає новий якісний стан об'єкту. Розвиток живої форми матерії представлений індивідуальним та історичним розвитком. Протягом першого поступово і послідовно виявляються всі властивості ор-

ганізмів. Історичний розвиток супроводжується утворенням нового виду та прогресивним ускладненням життя.

Подразливість. Ця властивість виявляється активними реакціями живих організмів на зовнішню дію. Завдяки подразливості організми вибірково реагують на умови навколишнього середовища.

Дискретність. Будь-яка біологічна система складається з окремих взаємозв'язаних і взаємодіючих частин, які утворюють структурно-функціональну єдність.

БІОЛОГІЯ КЛІТИНИ

Клітина — елементарна одиниця живого.

З відомих живих організмів тільки віруси є позаклітинними формами життя. Усі інші біологічні об'єкти побудовані з клітин — однієї (бактерії, найпростіші) або значної кількості (багатоклітинні тварини, рослини, гриби). Клітини різних організмів відрізняються за розмірами (від 0,5 мкм до 5 мм і більше), формою (видовжена, округла, неправильна), функціями (у багатоклітинних — опорна, видільна, захисна, транспортна тощо), тривалістю життя (від кількох годин до багатьох десятків років). Незважаючи на це клітини мають спільні властивості: здатність до самовідтворення та передачі генетичної інформації, обміну речовин, росту, розвитку, мінливості, подразливості.

Історія вивчення клітини почалася в 1665 р., коли англійський природодослідник Роберт Гук, вивчаючи під мікроскопом тонкий зріз корка, виявив, що він складається з маленьких комірок; це

були перші клітини, побачені людиною. А через 200 років, у 1839 р., німецький фізіолог і цитолог Теодор Шванн сформулював основні положення клітинної теорії:

— клітина — мікроскопічна жива система, що є структурно-функціональною одиницею організму;

— нові клітини утворюються в результаті поділу або злиття раніше існуючих;

— для всіх клітин характерна єдність хімічного складу та метаболічних процесів;

— організм може складатися з однієї або безлічі клітин;

— багатоклітинні організми є системою клітин, які утворюють тканини й органи, пов'язані між собою гуморальними і нервовими типами регуляції;

— еволюція живих систем ішла шляхом ускладнення та диференціювання, від доядерних організмів до ядерних одноклітинних і далі до ядерних багатоклітинних.

ХІМІЧНИЙ СКЛАД КЛІТИНИ

Хімічні елементи

У живих клітинах виявлено понад 70 елементів періодичної системи Д. І. Менделєєва. За кількісним розподілом їх можна поділити на три групи.

Макроелементи (вміст понад 0,01 %): Карбон, Гідроген, Оксиген, Нітроген, Фосфор, Сульфур, Натрій, Кальцій, Калій, Магній, Хлор.

Мікроелементи (10^{-2} — 10^{-6} %): Ферум, Цинк, Манган, Кобальт, Купрум, Флуор, Йод.

Ультрамикроелементи (менше за 10^{-6} %): Бор, Літій, Алюміній, Силіцій, Станум, Кадмій, Арсен, Селен, Ванадій, Титан, Хром, Нікель, Рубідій тощо.

Макроелементи є компонентами органічних сполук, беруть участь в утворенні зв'язків між білковими молекулами, біоелектричних процесах. Мікроелементи забезпечують перебіг ферментативних реакцій, входять до складу гормонів і вітамінів, беруть участь у процесах дихання. Біологічне значення багатьох ультрамікроелементів не встановлене.

Функції хімічних елементів

Елемент	Вміст (у процентах від сухої маси)	Функція
Карбон С	15—18	Основний структурний компонент усіх органічних сполук клітини
Оксиген О	65—75	Основний структурний компонент усіх органічних сполук клітини
Гідроген Н	8—10	Основний структурний компонент усіх органічних сполук клітини
Сульфур S	0,15—0,20	Входить до складу деяких амінокислот, ферментів, коферментів
Нітроген N	1,5—3,0	Обов'язковий компонент амінокислот
Калій К	0,15—0,40	Основний внутрішньоклітинний катіон, необхідний для формування нервових імпульсів, м'язових скорочень
К а л ь ц і й Са	0,04—2,00	Необхідний для скорочення м'язових клітин, екзоцитозу, передачі внутрішньоклітинних сигналів
Хлор Cl	0,05—0,10	Внутрішньоклітинний і позаклітинний аніон
Натрій Na	0,02—0,03	Основний позаклітинний катіон, необхідний для формування нервових імпульсів
Магній Mg	0,02—0,03	Входить до складу активного центру хлорофілу, необхідного для функціонування багатьох ферментів
Ферум Fe	0,010—0,015	Входить до складу активного центру гемоглобіну, цитохромів
Цинк Zn	0,0003	Входить до складу активного центру багатьох ферментів і ДНК-зв'язуючих білків
Купрум Cu	0,0002	Входить до складу цитохромів і деяких ферментів
Фосфор P	0,0001	Входить до складу нуклеїнових кислот, АТФ, НАДФ, фосфоліпідів
Йод I	0,0001	Компонент гормонів щитоподібної залози

Неорганічні речовини

До неорганічних речовин, що входять до складу живих клітин, належать вода та мінеральні сполуки — солі Натрію, Калію, Кальцію, Магнію тощо.

Вода

Вода є основною неорганічною речовиною клітини, її вміст коливається від 40 % (механічна тканина рослин, жирова тканина тварин) до 99 % (клітини медузи). Унікальні фізико-хімічні властивості води забезпечують її здатність виконувати різні функції.

Функції води

Метаболічна. Вода є середовищем для біохімічних реакцій (гідроліз, гідратація) і кінцевим продуктом багатьох біохімічних реакцій, а також донором електронів під час фотосинтезу. Речовини, розчинні у воді, називаються *гідрофільними*, нерозчинні у воді — *гідрофобними*.

Транспортна. Вода забезпечує перенесення біологічних молекул усередині клітин, з клітин, до клітин, крізь клітини, є головним ком-

понентом транспортної системи вищих рослин і кровоносної системи тварин. Це можливо завдяки тому, що вода — універсальний розчинник і має високий коефіцієнт поверхневого натягу.

Механічна. Вода забезпечує пружний стан клітин і тканин рослин (*тургор*), є амортизатором під час механічних впливів на організм, послаблює тертя між дотичними поверхнями.

Терморегуляторна. Вода забезпечує рівномірний розподіл тепла, що виділяється під час екзотермічних процесів усередині організму, а під час випаровування з поверхні тіла тварин (потовиділення) або рослин (транспірація) охолоджує організм.

Мінеральні солі

Розчинні солі Калію, Натрію, Кальцію забезпечують найважливішу властивість живих клітин — подразливість. Слабколужна реакція внутрішньоклітинного середовища зумовлюється фосфат- і гідрогенофосфатонами, міжклітинної рідини та крові — карбонат- і гідрогенокарбонатонами.

Нерозчинні мінеральні солі входять до складу міжклітинної речовини кісткової тканини, черепашок молюсків, найпростіших, скелета губок.

Органічні речовини

Близько 90 % сухої маси клітин припадає на чотири типи органічних молекул: *білки*, *ліпіди*, *вуглеводи*, *нуклеїнові кислоти*. Крім того, у менших кількостях у клітинах містяться інші органічні сполуки, що відіграють важливу роль у біохімічних процесах. До них належать *органічні кислоти* (піровиноградна, молочна, яблучна, лимонна, жирні кислоти — пальмітинова, стеаринова), *пігменти* (хлорофіл, білірубін) тощо.

Білки

Білки — це біологічні полімери, мономерами яких є амінокислоти.

Функції білків

Структурна. Білки утворюють основу цитоплазми і входять до складу клітинних органел і мембран. Сухожилля, суглобові зв'язки, кістки скелета, копита складаються з білків. Наприклад, білки колаген і еластин забезпечують пружність і пластичність шкіри, судин, зв'язок.

Каталітична. Біологічні каталізатори, що прискорюють біохімічні реакції, називаються *ферментами*. Усі ферменти є білками. Кожний фермент каталізує одну або декілька однотипних реакцій, тому зв'язування фермента із субстратом (речовиною, що піддається ферментативному перетворенню) високоспецифічне. Ділянка молекули білка, яка відповідає за зв'язування із субстратом, називається *активним центром*, а комплекс, що утворився при цьому, — *фермент-субстратним комплексом*. У процесі реакції фермент не піддається ані якісним, ані кількісним змінам.

Ферменти мають дуже високу активність, вони здатні послідовно каталізувати тисячі й навіть мільйони реакцій за секунду. При цьому вони функціонують у дуже вузькому інтервалі умов середовища й у разі їхньої зміни інактивуються.

Рухова. Будь-які форми активного руху в живій природі (робота м'язів, биття війок і джгутиків, рух хромосом під час клітинного поділу, внутрішньоклітинне переміщення цитоплазми) здійснюються скоротливими білковими структурами. Наприклад, основу поперечно-смугастої мускулатури складають білки актин і міозин, які переміщаються один щодо одного, що приводить до зміни лінійних розмірів м'яза.

Транспортна. Білок еритроцитів гемоглобін транспортує кисень від легенів до тканин і органів, сироватковий білок альбумін здійснює транспорт жирних кислот. Білки клітинних мембран виконують вибіркоче перенесення речовин (глюкози, амінокислот, йонів) через ліпідний бішар.

Захисна. Захист організму від дії інфекції та підтримка гомеостазу забезпечуються

реакціями імунітету. Найважливішими чинниками гуморального імунітету є *антитіла* — білки, які маркують чужорідні біополімери — антигени. Захисну функцію також виконують білки, що безпосередньо руйнують клітини (лізоцим слини) або блокують процеси біосинтезу (інтерферон в інфікованих вірусами клітинах).

Регуляторна. Багато з гормонів є білками (інсулін, глюкагон, соматотропін). Вони регулюють перебіг фізіологічних процесів — ріст клітин, інтенсивність обміну речовин.

Запасуюча. Білки здатні накопичуватися як запасний матеріал для живлення організму, що розвивається (ячний альбумін, білки насіння рослин).

Енергетична. Білки розщеплюються для добування енергії у виняткових випадках, якщо в організмі в результаті тривалого голодування вичерпані запаси вуглеводів і жирів. Енергетична цінність 1 г білка складає близько 17 кДж.

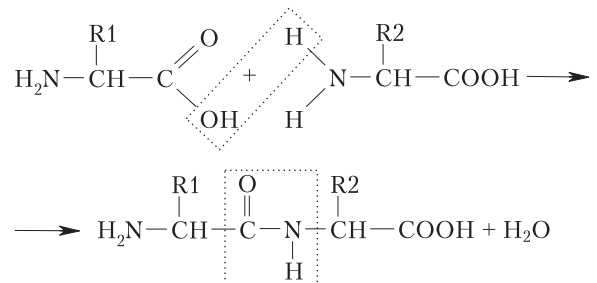
Рецепторна. Багато білків на поверхні плазматичної мембрани клітин здатні пізнавати молекули певної структури. Специфічними рецепторами розпізнаються молекули гормонів і медіаторів (як правило, один рецептор може пізнавати тільки один тип молекул — рецептор адреналіну розпізнає тільки адреналін, рецептор інсуліну — тільки інсулін). Білкові рецептори на поверхні клітин імунної системи здатні пізнавати чужорідний антиген і запускати реакцію його знищення.

Структура білків

У звичайній еукаріотичній клітині налічується близько 10 тис. різних білків, а загальна кількість відомих білкових молекул наближається до 50 тис. Усі ці білки складаються не більше ніж з двадцяти видів амінокислот. *Амінокислоти* є органічними молекулами, що мають загальну схему будови.

Вони містять *карбоксильну групу* —COOH й *аміногрупу* —NH₂, зв'язані з атомом Карбону. Індивідуальні властивості кожної амінокислоти визначаються радикалом R. Залежно від структури радикала всі амінокислоти поділяють на полярні та неполярні.

Послідовно сполучаючись між собою, амінокислоти формують молекулу білка. При цьому зв'язок утворюється між аміногрупою однієї амінокислоти та карбоксильною групою іншої з виділенням молекули води. Зв'язок —CO—NH— називається пептидним.



Рівні структурної організації білків

Розрізняють декілька рівнів структурної організації білків.

Первинна структура. Утворений у процесі трансляції поліпептидний ланцюг — послідовність амінокислот, з'єднаних між собою *пептидними зв'язками*, називають *первинною структурою білка*. Первинна структура будь-якого білка задована в молекулі ДНК. Білкові молекули містять від 100 до 1500 амінокислот. Якщо в поліпептидному ланцюзі менше за 70 амінокислот, таку молекулу називають *пептидом*.

Вторинна структура. Розрізняють два види вторинної структури білка — *α-спіраль* і *β-складчастий шар (β-структура)*.

Білкова *α-спіраль* стабілізується *водневими зв'язками*, які утворюються між атомом Гідрогену групи —NH однієї амінокислоти й атомом Оксигену групи —C=O іншої. Радикали амінокислот не беруть участі у формуванні водневих зв'язків і обернені назовні від спіралі. Такий тип вторинної структури мають міозин і тропоміозин — м'язові білки, які беруть участь у процесах скорочення, кератин — структурний білок волосся, нігтів, дзьоба, пір'я і рогів.

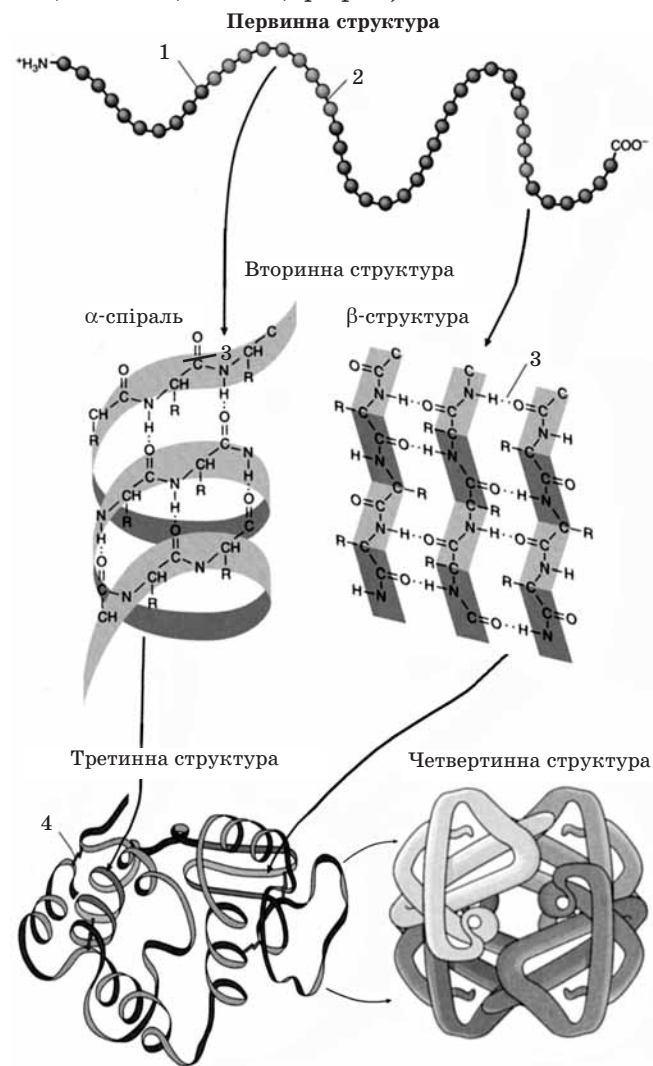
Поліпептидний ланцюг (ланцюги) у *β-структурі* має зигзагоподібну конфігурацію (структуру складчастого листка). Він також стабілізується водневими зв'язками. Ділянки поліпептидного ланцюга, які прилягають одна до одної, у *β-структурі* можуть бути як *паралельними* (йдуть в одному напрямі), так і *антипаралельними* (йдуть у протилежних напрямках). Прикладом білка, який має тільки *β-складчасту* вторинну структуру, є фіброїн — білок шовку, що виділяється шовковичними залозами гусениць шовкопряда під час формування коконів.

Третинною структурою білка називається тривимірна упаковка поліпептидного ланцюга, тобто укладання в просторі *α-спіральних* і *β-структурних* ділянок молекули. Третинна структура стабілізується й утримується чотирма типами зв'язків, які утворюються між радикалами амінокислот:

- 1) *дисульфідні зв'язки* між атомами Сульфуру двох залишків цистеїну;
- 2) *водневі зв'язки*, що утворюються за участю атома Гідрогену амінокислотних радикалів;
- 3) *гідрофобні взаємодії* між радикалами неполярних амінокислот;
- 4) *електростатичні (йонні) взаємодії* між різнойменно зарядженими групами радикалів полярних амінокислот (аспарагінової, глутамінової кислот, аргініну, лізину, гистидину).

За просторовою формою третинної структури білки поділяються на *глобулярні*, поліпептидні ланцюги яких згорнуті в компактні сферичні або еліпсоподібні структури (інсулін, альбумін, усі

ферменти), і *фібрилярні*, поліпептидні ланцюги яких, розташовуючись уздовж однієї осі, утворюють довгі волокна (фібрили) або шари (колаген, еластин, міозин, фібрин).



Рівні структурної організації білків:
1 — амінокислота, 2 — пептидний зв'язок, 3 — водневий зв'язок, 4 — дисульфідний місток

Четвертинна структура. Деякі білки складаються не з одного, а з декількох поліпептидних ланцюгів, що кодується різними генами (гемоглобін, велика кількість ферментів вуглеводного обміну). У цьому випадку говорять про *четвертинну структуру білка*, а поліпептидні ланцюги, що його утворюють, називають *субодиницями*. Четвертинна структура утворюється тільки після закінчення формування третинної структур окремих субодиниць і стабілізується *гідрофобними й електростатичними взаємодіями*.

Денатурація

На стабільність білкової молекули впливає безліч чинників. Так, під впливом температури, механічного тиску, хімічних агентів відбувається порушення просторової організації молекули — четвертинної, третинної, вторинної структур із збереженням первинної; білок втрачає свої фізико-хімічні та біологічні властивості. Це явище називається

денатурацією. Якщо денатуруючий агент припиняє свою дію, в деяких випадках білок набуває початкової просторової конфігурації та відновлює біологічну активність. Процес відновлення фізико-хімічних і біологічних властивостей білка називається *ренатурацією*. Якщо дія чинників приводить до порушення первинної структури білка, то говорять про *протеоліз*. Протеоліз білків відбувається, наприклад, під впливом ферментів шлунка або лізосом.

Вуглеводи

До вуглеводів належать альдегіди та кетони багатоатомних спиртів, а також полімери цих сполук із загальною формулою $C_n(H_2O)_m$. Вміст вуглеводів у тваринних клітинах рідко перевищує 5 %, але в рослинних може досягати 90 % від загальної кількості органічних молекул.

Функції вуглеводів

Енергетична. Під час окиснення у процесі клітинного дихання вуглеводи вивільняють енергію, яка в них міститься, забезпечуючи значну частину енергетичних потреб організму.

Захисна. В'язкі секрети (слизи), багаті на вуглеводи, оберігають стінки органів (шлунок, кишечник, бронхи) від механічних і хімічних впливів.

Рецепторна. Більшість клітинних рецепторів є *глікопротеїнами*. Зв'язуючись з інтегральними мембранними білками, вуглеводи у складі рецепторів беруть участь у розпізнаванні сигнальних молекул (гормонів, нейромедіаторів).

Структурна. Вуглеводи є основними структурними компонентами клітин, які утворюють опорні тканини (целюлоза, хітин).

Запасуюча. Відкладаючись у тканинах, вуглеводи можуть забезпечити організм енергією у разі голодування (крохмаль, глікоген).

Класифікація вуглеводів

Вуглеводи поділяють на *моносахариди*, *олігосахариди* та *полісахариди*.

Моносахариди — це прості вуглеводи. У молекулі моносахариду може бути від трьох до дев'яти атомів Карбону, але найбільш поширені п'яти- та шестикарбонові моносахариди. Залежно від кількості атомів Карбону, які утворюють скелет молекули, моносахариди поділяють на *тріози*, *тетрози*, *пентози*, *гексози* і т. д. Моносахариди важливі як джерело енергії, а також як будівельні блоки для синтезу полісахаридів. Велике значення мають пентози *рибоза* і *дезоксирибоза*, що входять до складу ДНК і РНК. Із гексоз найпоширеніші *глюкоза*, *фруктоза* та *галактоза*, які є просторовими ізомерами та мають молекулярну формулу $C_6H_{12}O_6$. Глюкоза (виноградний цукор) зустрічається у тварин і рослин; вона є основним джерелом енергії для клітин. Фруктоза у великій кількості міститься в плодах покритонасінних рослин;

у клітинах багатьох тварин і рослин вона може ферментативно перетворюватися на глюкозу.

Олігосахариди — це вуглеводи, які мають від двох до десяти ланок моносахаридів. Зв'язок між двома моносахаридами здійснюється через атом Оксигену та називається *глікозидним*. Олігосахариди, що складаються з двох моносахаридів, називаються дисахаридами. До дисахаридів належать: 1) *лактоза* (молочний цукор), що міститься в молоці, утворена залишками глюкози та галактози; 2) значно поширена в рослинному світі *сахароза* (тростинний цукор $C_{12}H_{22}O_{11}$), що складається з глюкози та фруктози; 3) продукт часткового гідролізу крохмалю в рослинах — *мальтоза*.

Полісахариди — високомолекулярні сполуки, які містять понад десять моносахаридних ланок. Вони складають основну масу вуглеводів, що зустрічаються в живих клітинах. Полісахариди головним чином виконують функцію резерву їжі й енергії (крохмаль, глікоген), а також використовуються як будівельний матеріал (целюлоза, хітин).

Крохмаль, полімер глюкози, має формулу $(C_6H_{10}O_5)_n$. Він є резервною поживною речовиною рослин і міститься в клітинах у вигляді різних за формою та розмірами крохмальних зерен. Крохмаль знаходить широке застосування в медицині та в багатьох галузях промисловості (харчовій, паперовій, фармацевтичній тощо). У промислових масштабах його отримують із бульб картоплі та зерен кукурудзи.

Глікоген є полімером глюкози, але з більш розгалуженим, ніж у крохмалю, ланцюгом мономерів. Це головний енергетичний і вуглеводний резерв людини та тварин. Особливо великий вміст глікогену в печінці (до 10 %) і м'язах (до 4 %). Зустрічається він у грибів і мікроорганізмів.

Целюлоза — структурний полісахарид клітинної стінки рослин, полімер глюкози. На її частку припадає близько 50 % усього органічного вуглецю біосфери. Целюлоза має величезне значення для господарської діяльності людини, складаючи основну масу бавовняних тканин, паперу, штучного шовку, деяких пластмас і вибухових речовин.

Нуклеїнові кислоти

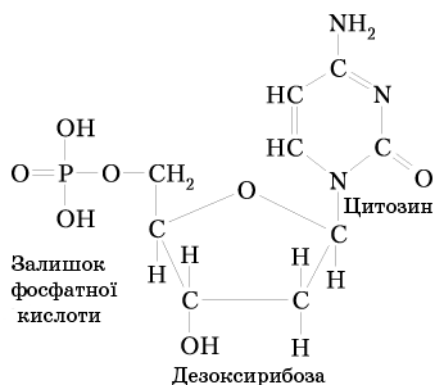
Нуклеїнові кислоти — це біополімери, мономерами яких є **нуклеотиди**. Кожний нуклеотид складається з п'ятивуглецевого моносахариду, азотистої основи та залишку фосфатної кислоти.

Залежно від виду моносахариду нуклеїнові кислоти поділяють на дві групи:

- 1) *рибонуклеїнові кислоти (РНК)*, що містять рибозу;
- 2) *дезоксирибонуклеїнові кислоти (ДНК)*, до складу яких входить дезоксирибоза.

Азотисті основи є похідними пурину та піримідину. До пуринових основ належать аденін (А) і гуанін (Г), до піримідинових — цитозин (Ц), урацил (У), тимін (Т). До складу ДНК входять аденін, гуанін, цитозин, тимін; у РНК замість тиміну міститься урацил. Нітратні основи приєднуються до 1'-карбонового атома, а фосфатна кислота — до 5'-карбонового атома рибози або дезоксирибози.

Нуклеотиди об'єднуються в полімерні ланцюги шляхом утворення *фосфодіефірних зв'язків* між фосфатною групою одного нуклеотиду і 3'-гідроксигрупою цукру іншого нуклеотиду. Через таку будову полінуклеотидний ланцюг має певний напрям. На одному його кінці залишається вільна фосфатна кислота, приєднана до 5'-ОН-групи цукру (початок ланцюга), на іншому — 3'-ОН-група (кінець ланцюга).



Дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК)

У 1953 р. американський біохімік Джеймс Уотсон і англійський фізик Френсіс Крік запропонували *модель організації ДНК*, відповідно до якої:

- 1) кожна молекула ДНК складається з двох антипаралельних полінуклеотидних ланцюгів, які утворюють подвійну спіраль;
- 2) кожний нуклеотид розташований у площині, перпендикулярній до осі спіралі;
- 3) два полінуклеотидні ланцюги сполучені водневими зв'язками, які утворюються між нітратними основами різних ланцюгів;
- 4) взаємодія азотистих основ специфічна: пуринова основа може сполучатися тільки з піримідиною, і навпаки. Такий принцип сполучання основ називається *принципом комплементарності*;
- 5) послідовність основ одного полінуклеотидного ланцюга може значно варіювати, але послідовність їх у другому ланцюзі чітко комплементарна першій.

Два полінуклеотидні ланцюги в молекулі ДНК сполучаються між собою за допомогою водневих зв'язків між відповідними азотистими основами: аденін взаємодіє з тиміном за допомогою двох водневих зв'язків, цитозин з гуаніном — за допомогою трьох. При цьому утворюється подвійна спіраль, полінуклеотидні ланцюги в якій орієнтовані антипаралельно.

Рибонуклеїнова кислота (РНК)

РНК міститься у всіх живих клітинах у вигляді одноланцюгових молекул. Залежно від структури та функції РНК поділяють на матричну, або інформаційну (мРНК, або іРНК), рибосомну (рРНК) і транспортну (тРНК). Інформаційна РНК синтезується в ядрі клітини на матриці одного з ланцюгів ДНК, тобто є комплементарною певному її фрагменту. Далі вона транспортується в цитоплазму і сама служить матрицею для синтезу білка. Рибосомна РНК входить до складу рибосом, беручи участь у трансляції. Транспортна РНК відповідає за доставку певної амінокислоти до рибосоми та включення її в утворений поліпептидний ланцюг. У структурі тРНК є комплементарні послідовності нуклеотидів, які взаємодіють з утворенням специфічної просторової структури тРНК (наявність декількох «шпильок»), що нагадує листок конюшини. На одній із шпильок розташований нуклеотидний триплет — антикодон, на протилежному кінці — послідовність для специфічного зв'язування амінокислоти.

Аденозинтрифосфорна кислота (АТФ)

АТФ за структурою є нуклеотидом. Молекула АТФ складається з моносахариду рибози, нітратної основи аденіну і трьох послідовно зв'язаних залишків фосфатної кислоти.

Основна функція АТФ полягає в акумуляції енергії, що виділяється під час різних біохімічних реакцій (розщеплення вуглеводів і жирів, фотосинтезу). Численні процеси, які відбуваються в клітині (проведення нервового імпульсу, м'язове скорочення, транспорт речовин, синтез білка), вимагають надходження енергії, яка міститься в хімічних зв'язках молекули АТФ. Зв'язки, під час розриву яких виділяється велика кількість енергії, називаються макроергічними.

АТФ виконує свою функцію шляхом ферментативного відщеплення кінцевої фосфатної групи; при цьому утворюється аденозиндифосфорна кислота (АДФ), а енергія, що вивільняється, використовується для здійснення біохімічних реакцій. Відокремлена фосфатна група може потім знову приєднатися до АДФ з утворенням АТФ. При цьому використовується енергія, яка виділяється в результаті розщеплення, наприклад, вуглеводів і ліпідів.

Ліпіди

Ліпіди — органічні сполуки, різні за структурою, хімічною будовою, функціями, але схожі за фізико-хімічними властивостями: нерозчинні у воді, добре розчинні в органічних розчинниках (ефірі, хлороформі, ацетоні).

Функції ліпідів

Енергетична. У разі повного окиснення 1 г тріацилгліцеролу виділяється 38,9 кДж

енергії, що приблизно вдвічі більше, ніж під час окиснення 1 г білків або вуглеводів.

Структурна. Ліпіди є основними структурними компонентами біологічних мембран.

Регуляторна. Ліпіди регулюють текучість мембран, є важливими внутрішньоклітинними сигнальними молекулами, компонентами мієлінових оболонок нервових клітин, попередниками гормонів, вітамінами, беруть участь у регуляції генної активності.

Запасаюча. Завдяки високій енергетичній цінності жири є енергетичним депо й ендогенним джерелом води (у разі окиснення 100 г жиру виділяється 107 г води).

Захисна. Жири є основним компонентом підшкірної клітковини, вони запобігають тепловтратам і захищають від механічних впливів.

Класифікація ліпідів

За хімічною будовою ліпіди поділяють на прості та складні.

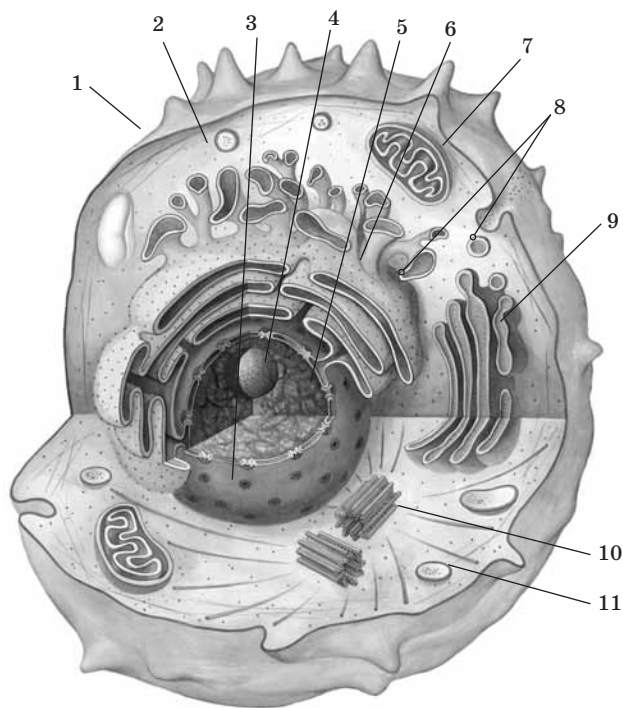
До простих ліпідів належать: 1) *тріацилгліцероли* (*тригліцериди*, або жири) — ефіри гліцерину та жирних кислот; 2) *воски* — ефіри жирних кислот і довголанцюгових спиртів; 3) *вітаміни А, Е, К*.

Тріацилгліцероли (жири) зустрічаються як у тварин, так і в рослин. Жири тваринного походження тверді (вершкове масло, свиняче сало), оскільки до їхнього складу входять переважно насичені жирні кислоти, що мають високу температуру плавлення. До складу рослинних жирів входять переважно ненасичені жирні кислоти, які мають нижчу температуру плавлення. Тому ці жири рідкі (соняшникова, оливкова, бавовняна й інші рослинні олії). Неполарні молекули тріацилгліцеролів виконують запасуючу та терморегуляторну функції.

До складних ліпідів належать: 1) *стероїди* (холестерол, статеві гормони, вітамін D); 2) *фосфоліпіди*, до складу яких окрім гліцеролу та жирних кислот входять залишок фосфатної кислоти й нітрогеновмісні сполуки (фосфатідилсерин, фосфатідилетаноламін, фосфатідилхолін тощо); 3) *гліколіпіди* — комплекси ліпідів з вуглеводами.

БУДОВА КЛІТИНИ

Клітини всіх живих організмів за структурно-функціональними особливостями можна поділити на дві великі групи: *еукаріотичні* та *прокаріотичні*. Структурними компонентами еукаріотичних клітин є плазматична мембрана, цитоплазма, клітинні органели, ядро. Прокаріотичні клітини не мають ядра та деяких органел (мітохондрій, ендоплазматичного ретикулу, апарату Гольджі). У цьому розділі розглядається біологія еукаріотичних клітин.



Будова тваринної клітини:

1 — плазматична мембрана, 2 — цитоплазма, 3 — ядро, 4 — ядерце, 5 — хроматин, 6 — ендоплазматичний ретикулум, 7 — мітохондрія, 8 — рибосома, 9 — апарат Гольджі, 10 — центріоль, 11 — лізосома

Плазматична мембрана

Плазматична мембрана (плазмалема) оточує клітину, визначає її розміри, форму та виконує такі **функції**:

бар'єрну (захисну) — забезпечує асиметричний розподіл речовин між внутрішньоклітинним і позаклітинним середовищами;

транспортну — визначає вибіркове надходження молекул до клітини та з клітини;

рецепторну — уловлює і підсилює сигнали, заcodedані в хімічній структурі гормонів, медіаторів;

комунікативну — здійснює контакт сусідніх клітин між собою і з позаклітинною речовиною.

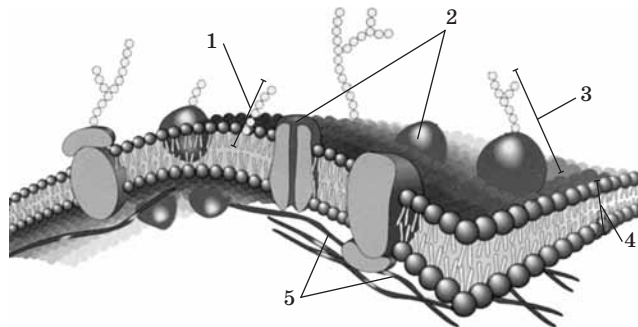
Забезпечення вказаних функцій безпосередньо пов'язане з будовою плазматичної мембрани.

Будова плазматичної мембрани

Усі біологічні мембрани становлять собою ансамблі ліпідних і білкових молекул, які з'єднуються разом за допомогою нековалентних взаємодій.

Молекули фосфоліпідів утворюють безперервний подвійний шар завтовшки 4—5 нм. Полярні головки фосфоліпідів у *ліпідному бішарі* орієнтовані назовні та контактують з молекулами води, а неполярні (гідрофобні) хвости жирних кислот спрямовані один до одного. Ліпідний бішар є ефективним бар'єром для всіх водорозчинних

молекул. Гідрофобні речовини (стероїдні гормони, жирні кислоти) легко проникають крізь площину бішару. У ліпідний матрикс включені також молекули холестеролу, які виконують стабілізуючу функцію шляхом зменшення текучості мембран.



Плазматична мембрана:

1 — гліколіпід, 2 — білки, 3 — глікопротеїн, 4 — ліпідний бішар, 5 — білкові волокна

У ліпідний бішар занурені численні білкові молекули. Білки, які наскрізь пронизують бішар, називаються *інтегральними (трансмембранними)*, а мембрани, що розташовані на зовнішній або внутрішній поверхні, — *периферичними*. Білки відповідають за пізнавання сигнальних молекул (рецепторну функцію часто виконують глікопротеїни), за зв'язок плазмалемми із цитоскелетом і з міжклітинною речовиною, за вибіркового транспорту речовин.

Транспорт речовин

Різні молекули можуть транспортуватися крізь плазматичну мембрану *пасивно*, тобто шляхом дифузії, або *активно* — з використанням енергії АТФ.

Пасивний транспорт. Рухійною силою дифузійного перенесення речовин є різниця їх концентрацій по обидва боки мембрани. Гідрофобні речовини і, напевне, вода проникають у клітину або виводяться з неї безпосередньо крізь ліпідний бішар, а гідрофільні проходять через специфічні канали — утворені інтегральними білками *пори*, які пронизують мембрану наскрізь. Такі канали забезпечують контакт внутрішньоклітинного вмісту із зовнішнім середовищем.

Активний транспорт. Це пов'язане із споживанням енергії перенесення молекул або йонів крізь мембрану проти градієнта концентрації. Енергія необхідна для подолання намагання речовини дифундувати в протилежному напрямі. Прикладом системи активного транспорту може бути *натрій-калієвий насос*, виявлений у клітинах живих організмів. У клітинах підтримується висока концентрація йонів Калію, а в позаклітинному середовищі переважаючим йоном є Натрій. Тому Калій по градієнту концентрації намагається залишити клітину, а Натрій — проникнути в неї. Натрій-калієвий насос — інтегральний білок, який викачує з клітини Натрій в обмін на надходження Калію. Він приводиться

в дію енергією АТФ. Більш як третина АТФ, яку споживає тваринна клітина в стані спокою, витрачається на роботу натрій-калієвого насоса. Підтримка концентрацій цих іонів на певному рівні необхідна для збереження клітинного об'єму, електричної активності в нервових і м'язових клітинах, активного транспорту деяких речовин (моносахаридів, амінокислот).

Особливими видами активного транспорту є *ендоцитоз* і *екзоцитоз*, за допомогою яких різні речовини переносяться крізь мембрану в клітини (ендоцитоз) або з них (екзоцитоз). У разі *ендоцитозу* плазматична мембрана вгинається всередину, утворює поглиблення (*інвагінації*), які потім, відокремлюючись, перетворюються на *вакуолі* — наповнені рідиною мембранні пухирці. Розрізняють два види ендоцитозу — *фагоцитоз* (захоплення твердих частинок) і *піноцитоз* (поглинання рідких речовин). Останній є найбільш характерним для амебодних клітин і для клітин, які беруть участь у водно-сольовому обміні (клітини печінки, нирок).

Екзоцитоз — процес, зворотний ендоцитозу, його функція — виведення з клітин різних речовин. Шляхом екзоцитозу з травних вакуолей у найпростіших виділяються неперетравлені залишки, з клітин травних залоз — травні секрети та ферменти, з клітин ендокринної системи — гормони.

Цитоплазма та клітинні органели

Цитоплазма — простір клітини, розміщений між плазматичною мембраною та ядром.

У цитоплазму занурені клітинні *органели* та різні непостійні структури — *включення*. Частину цитоплазми, яка міститься між органелами і є складною колоїдною системою, часто називають *цитозолем*. У цитозолі містяться вуглеводи, ліпіди, РНК, АТФ, органічні кислоти, численні білкові молекули. Деякі білки утворюють тривимірну сітку — *цитоскелет*, зв'язаний із плазмалеммою, ядром і органелами.

Функції цитоплазми

Комунікативна — забезпечує зв'язок різних частин клітини (компартментів) між собою.

Гомеостатична — підтримує сталість хімічного складу та фізичних властивостей усередині клітини.

Транспортна — забезпечує перенесення біомолекул між органелами.

Органели (органойди) — постійні клітинні структури, що забезпечують виконання специфічних функцій у процесі життєдіяльності клітини. Органели еукаріотичної клітини можна поділити на *мембранні* та *немембранні*. Перші, у свою чергу, можуть бути *одномембранними*, оточеними однією мембраною (лізосоми, апарат Гольджі, ендоплазматичний ретикулум), і *двомембранними*, відокремленими від цитозолу зовнішньою

і внутрішньою мембранами (мітохондрії, хлоропласти). До структури немембранних органодів мембрани не входять (рибосоми, клітинний центр, органели руху).

Клітинні включення — компоненти цитоплазми, які становлять собою відкладення речовин, тимчасово виведених з метаболізму, або кінцевих продуктів метаболізму. Найпоширеніші включення — ліпідні краплі, що складаються з нерозчинних у воді молекул жирів, і гранули глікогену, кожна з яких є єдиною дуже розгалуженою молекулою. У рослинних клітинах часто зустрічаються крохмальні зерна та кристали кальцій оксалату.

Ендоплазматичний ретикулум (ЕПР)

Ендоплазматичний ретикулум (ендоплазматична сітка) — система дрібних вакуолей і канальців, сполучених один з одним і відмежованих від цитозолу однією мембраною.

Мембрана ЕПР має численні складки, вигини й утворює одну безперервну поверхню, яка оточує єдину замкнену порожнину — *порожнину ЕПР*. Мембрана ЕПР переходить у зовнішню ядерну мембрану, складаючи з нею одне ціле. Розрізняють *шорсткий (гранулярний)* і *гладенький (агранулярний)* ЕПР.

Шорсткий ЕПР вкритий рибосомами, розташованими на повернутому до цитоплазми боці мембрани. Його основна функція — участь у синтезі білка. Окрім цього, шорсткий ЕПР необхідний для транспорту макромолекул у різні ділянки клітини (лізосоми, апарат Гольджі), синтезу структурних компонентів клітинних мембран. Шорсткий ЕПР розвинений у спеціалізованих клітинах, які секретують білки (клітини підшлункової залози, клітини, що продукують антитіла) або інтенсивно утворюють мембрани (палички сітківки ока).

Гладенький ЕПР можна розглядати як вільну від рибосом ділянку шорсткого ЕПР. Він бере участь у завершальних етапах синтезу ліпідів і деяких внутрішньоклітинних полісахаридів. Гладенький ЕПР переважає над шорстким у гепатоцитах, клітинах кіркової речовини надниркових залоз. Він добре розвинений у поперечно-смугастих м'язових волокнах, оскільки здатний поглинати йони кальцію із цитозолу, що приводить до розслаблення міофібрил під час кожного м'язового скорочення.

Апарат Гольджі (АГ)

Апарат (комплекс) Гольджі — це група мембранних мішечків — *цистерн*, зв'язаних із системою пухирців (*пухирців Гольджі*), локалізованих біля клітинного ядра.

Основна функція АГ — транспорт речовин і хімічні перетворення клітинних полімерів. Особливо розвинений АГ в секреторних клітинах, наприклад в гепатоцитах. Із ЕПР в АГ транспортуються речовини, призначені для секреції. Тут вони модифікуються і виводяться з пухирцями Гольджі шляхом екзоцитозу. Іноді АГ бере участь у транспорті ліпідів.

Крім транспортної, апарат Гольджі виконує такі функції: 1) синтез глікопротеїнів; 2) депонування речовин і їх перерозподіл між різними ділянками клітини; 3) формування лізосом, у яких неактивні травні ферменти перетворюються на активні.

Лізосоми

Лізосоми — округлі одномембранні пухирці, наповнені травними ферментами, які здійснюють розщеплення білків, вуглеводів, нуклеїнових кислот, ліпідів на амінокислоти, моносахариди, нуклеотиди, гліцерин і жирні кислоти.

Лізосомальні ферменти синтезуються на шорсткому ЕПР і транспортуються його каналами до АГ. Пізніше від АГ відгалужуються пухирці, які перетворюються на лізосоми. Такі *первинні лізосоми* зливаються з вакуолями, що утворилися в процесі ендоцитозу. При цьому формується *вторинна лізосома*. Лізосомальні ферменти перетравлюють вміст вакуолі, а неперетравлені залишки виводяться шляхом екзоцитозу. У деяких організмів неутілізовані відходи можуть не виводитися з клітини, а збиратися в залишкових тільцях — особливому виді клітинних включень.

Лізосоми є ефективним засобом знищення антигенів — хвороботворних мікроорганізмів, які фагоцитуються макрофагами.

Рибосоми

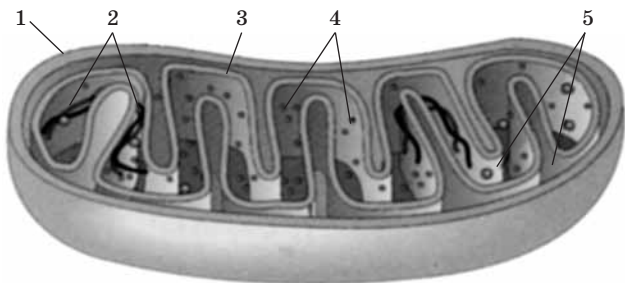
Рибосоми — органели, що забезпечують синтез білка.

Рибосоми складаються з двох *субодиниць*: *великої* та *малої*. Кожна субодиниця становить собою складний комплекс із багатьох білків і молекул рибосомної РНК (рРНК). Збирання субодиниць з утворенням функціонально-активної рибосоми відбувається під час взаємодії з молекулою іРНК. У цитоплазмі клітини рибосоми можуть розташовуватися вільно або бути прикріплені до зовнішньої поверхні мембрани шорсткого ЕПР. Окрім цитоплазми, рибосоми містяться також у хлоропластах і мітохондріях.

Мітохондрії

Мітохондрії — органели, основна функція яких полягає в забезпеченні клітин енергією.

Мітохондрія складається із *зовнішньої* та *внутрішньої* мембран, між якими є *міжмембранний простір*, і внутрішнього вмісту — *мітохондріального матриксу*.



Мітохондрія:

1 — зовнішня мембрана, 2 — ДНК, 3 — внутрішня мембрана, 4 — рибосоми, 5 — кристи

Зовнішня мембрана мітохондрій гладка. Вона має високу проникність для багатьох молекул, що містяться в цитозолі (зокрема для невеликих білків), тому за хімічним складом міжмембранний простір практично не відрізняється від цитоплазматичного. Внутрішня мембрана мітохондрій утворює численні складки, або заглиблення — *кристи*, що значно збільшують площу її поверхні. Мембрана непроникна для білків, полісахаридів і багатьох іонів. У внутрішню мембрану вбудовані *ферменти дихального ланцюга*, що забезпечують синтез АТФ. Тут також містяться білки, які відповідають за транспорт до матрикса молекул пірвиноградної кислоти, іонів Ca^{2+} , Mg^{2+} .

Матрикс є колоїдною системою, в якій містяться: 1) кільцеві молекули ДНК (*мітохондріальний геном*) і ферментні системи, що забезпечують їхню реплікацію та транскрипцію; 2) різні види РНК (тРНК, іРНК); рибосоми, відмінні від рибосом цитоплазми; 3) метаболічні ферменти.

ДНК мітохондрій замкнута в кільце і представлена в кожній мітохондрії кількома копіями. Вона містить близько 40 генів (у ссавців), достатніх для кодування лише невеликої частини мітохондріальних білків. Більшість білків, що забезпечують функцію мітохондрій, кодується ядерною ДНК і доправляються в матрикс із цитоплазми.

У мітохондріальному матриксі містяться ферменти, що забезпечують перебіг численних біохімічних процесів: реакцій циклу трикарбонних кислот, утворення ацетил-КоА з пірувату, розщеплення і синтезу жирних кислот.

Мітохондрії добре розвинені в клітинах, діяльність яких пов'язана зі споживанням великої кількості енергії. Так, у міоцитах вони утворюють тривимірні сітки, розташовані по периферії міофібрил.

Клітинний центр (центросома)

Клітинний центр визначає орієнтацію веретена поділу і розходження хромосом до полюсів клітини під час мітозу або мейозу. Крім того, він бере участь у формуванні органоїдів руху — джгутиків і війок.

Зазвичай клітинний центр знаходиться поблизу ядра тваринних клітин. Він складається з двох розташованих під прямим кутом одна до одної *центріолей*. Кожна центріоль — це циліндр завдовжки 0,3 мкм і діаметром 0,1 мкм, стінка якого утворена дев'ятьма групами білкових *мікротрубочок*. Центріолі оточені аморфним простором (хмарою) з білків, вуглеводів і невеликої кількості ліпідів, що відіграє важливу роль у прикріпленні ниточок веретена поділу. Важливою особливістю центріолей є їхня здатність до автономного розмноження, яке не залежить від поділу клітини.

Органели руху

Псевдоподії (несправжні ніжки) утворюються шляхом вигину плазматичної мембрани. Серед вільноживучих одноклітинних організмів псевдоподії має амеба. Вони є також у лейкоцитів ссавців.

Джгутики (у рослин і тварин) і *війки* (у тварин) мають схожу будову — декілька (частіше 11) *мікротрубочок*, здатних скорочуватись, які відрізняються одна від одної тільки довжиною. Зовні мікротрубочки покриті мембраною — продовженням плазмалеми. Головна функція цих органел полягає в пересуванні клітин або в просуванні вздовж клітин частинок і рідини, що їх оточує. Так, за допомогою джгутиків пересуваються сперматозоїди; миготливим епітелієм з війчастих клітин покриті дихальні шляхи. Основа джгутика або війки закріплюється в цитоплазмі за допомогою *базального тільця*, яке являє собою центріоль.

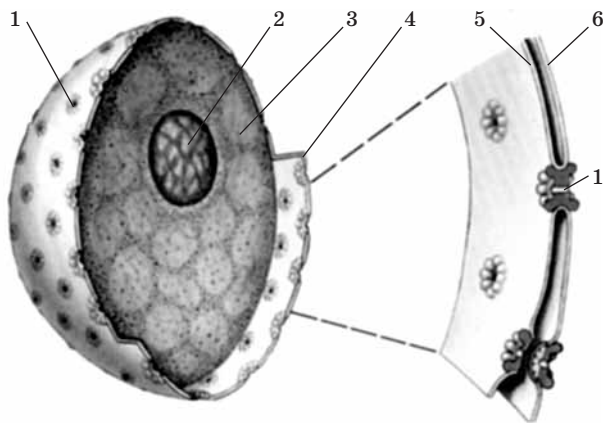
Ядро

Ядро — частина еукаріотичних клітин, що несе спадкову інформацію, закладену в молекулі ДНК.

Деякі клітини еукаріотів (еритроцити ссавців, клітини ситоподібних трубок рослин) не містять ядра. Проте показано, що втрата ядра вторинна і спрямована на забезпечення виконання клітинних певних функцій.

Рідкий вміст ядра (*ядерний сік*, або *нуклеоплазма*) відокремлений від цитозолу ядерною оболонкою. Ядерна оболонка утворена

двома мембранами — *зовнішньою* і *внутрішньою* — і пронизана *ядерними порами* діаметром 60—100 нм. Зовнішня мембрана з одного боку переходить у мембрани ЕПР, а з іншого (по краях ядерних пор) — у внутрішню мембрану. Крізь ядерні пори відбувається обмін різними органічними молекулами (білки, іРНК) і надмолекулярними комплексами (субодиниці рибосом) між нуклеоплазмою і цитозолем.



Ядро:

1 — ядерна пора, 2 — ядерце, 3 — нуклеоплазма, 4 — ядерна мембрана: 5 — внутрішня, 6 — зовнішня

У нуклеоплазмі містяться: 1) *хроматин* — молекули ДНК, зв'язані з білками-гістонами; 2) одне або декілька *ядерць* — круглястих структур (їх не можна вважати окремими органелами), у яких відбувається синтез рРНК, її упаковка і початкові етапи збирання рибосомних субодиниць; 3) *ферментні системи*, що забезпечують реплікацію, транскрипцію і репарацію ДНК.

Особливості будови рослинної клітини

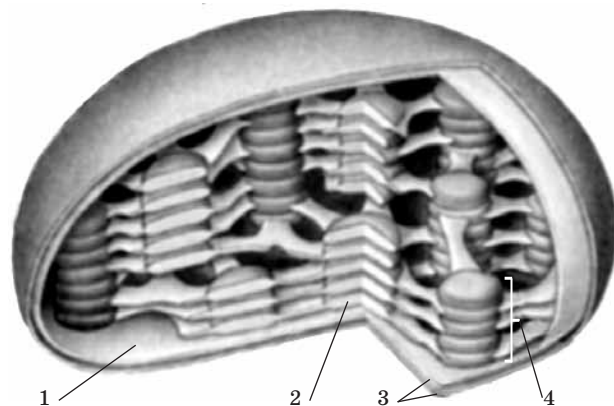
Рослинну клітину зовні покриває *клітинна стінка*, яка складається з полісахариду целюлози. Живий вміст клітини називається *протопластом*. До органел, типових для рослинної клітини, належать *вакуолі* та *пластиди*.

Наявність клітинної оболонки, вакуолей і *плазмодесм* — тонких цитоплазматичних містків, що сполучають сусідні клітини — зумовлена прикріпленням способом життя та відсутністю скелета у рослин. Також характерною особливістю рослинних клітин є ріст переважно шляхом розтягування за рахунок збільшення розміру вакуолей, а не за рахунок збільшення об'єму цитоплазми.

Вакуоля може займати до 90 % об'єму клітини, її основними функціями є: підтримка *тургору* — внутрішнього тиску клітини, і складування продуктів життєдіяльності клітини. *Клітинний сік*, що наповнює вакуолю, являє собою водний розчин, який має слабкокисло або нейтральну реакцію. Хімічний склад, в'язкість

і концентрація розчинених у клітинному соку речовин відмінні від таких у цитоплазмі, що зумовлено вибіркою проникністю *вакуолярної мембрани*. До речовин, які можуть міститися в клітинному соку, належать алкалоїди (кофеїн, хінін, атропін, морфін) і пігменти антоціани, які надають клітинному соку синього та фіолетового забарвлення.

Пластиди є органелами, характерними тільки для рослин і деяких інших еукаріотів з автотрофним способом живлення. Найважливішими для життєдіяльності клітини пластидами є *хлоропласти*, що містять зелений фотосинтезуючий пігмент *хлорофіл*. Хлоропласти зустрічаються, як правило, у всіх освітлених частинах рослини. Хлоропласти належать до двомембраних органел, внутрішня речовина хлоропласту називається *стромою*. Внутрішня мембрана хлоропластів утворює впорядковану систему порожнин дископодібної форми, які називають *тилакоїдами*, що зібрані в стопки — *грані*.



Хлоропласт:

1 — строма, 2 — тилакоїд, 3 — подвійна мембрана, 4 — грана

Лейкопласти являють собою безбарвні пластиди, розташовані, як правило, у прихованих від сонячного світла частинах рослини. Внутрішня структура лейкопласту розвинена слабо, основною функцією є запасання поживних речовин — крохмалю, жирів, білків.

Хромопласти — пластиди, які містять різні барвникові пігменти, що належать до групи *каротиноїдів*. Розташовуються в забарвлених частинах рослини (плодах, пелюстках), позбавлені хлорофілу, внутрішня мембранна система не розвинена.

Характерною особливістю пластид є їхня здатність перетворюватися одна на одну. Вона зумовлена тим, що в результаті еволюції лейко- і хромопласти утворилися з хлоропластів. Найтипівішими видами перетворень є перетворення лейкопластів на хлоропласти і хлоропластів на хромопласти.

Основні відмітні особливості організації клітин рослин, тварин, бактерій і грибів

Органела	Тварини	Рослини	Гриби	Бактерії
Клітинна стінка	–	+	+	+
Ядро	+	+	+	–
Мітохондрії	+	+	+	–
Пластиди	–	+	+	–
Травні вакуолі	+	–	–	–
Скоротливі вакуолі	+	+	–	–
Вакуолі	–	+	–	–
Лізосоми	+	+	+	–
Апарат Гольджі	+	+	+	–
Ендоплазматичний ретикулум	+	+	+	–
Центріолі	+	– +	–	–

Примітка: знак «+» означає наявність органели в клітинах відповідних організмів, знак «–» — її відсутність.

ДНК: ОРГАНІЗАЦІЯ, РЕПЛІКАЦІЯ, ТРАНСКРИПЦІЯ, РЕПАРАЦІЯ

Організація ДНК

Сукупність ДНК у будь-якій клітині організму називають **геномом**, а терміном **генотип** позначають закладену в геномі генетичну інформацію.

У ядрах більшості еукаріотичних клітин ДНК перебувають у вигляді **хромосом**. Число хромосом у клітинах організмів дуже варіює. Повний набір хромосом у ядрі еукаріотичної клітини називають **каріотипом**.

В еукаріотичних організмах ДНК міститься в комплексі з ядерними білками — **гістонами**. Гістони утворюють «котушки», на які намотується спіраль. Комплекс ядерної ДНК з гістонами називають **хроматином**. Нитки хроматину, у свою чергу, зібрані у впорядковані петлі. Певні ділянки хроматину прикріплюються до внутрішньої мембрани ядерної оболонки.

На певній стадії клітинного циклу (**метафаза**) нитки хроматину, що складають хромосоми, упаковуються так щільно, що стають видимими у світловий мікроскоп (**метафазні хромосоми**).

Генетичний код

У ДНК у зашифрованому вигляді записана інформація про всі білки, що синтезуються клітиною. Послідовність нуклеотидів ДНК визначає амінокислотну послідовність білків. Залежність

між основами нуклеотидів та амінокислотами називається **генетичним кодом**.

Основні властивості генетичного коду:

- 1) Кожна амінокислота кодується послідовністю з трьох нуклеотидів, яка називається **триплетом**, або **кодоном**.
- 2) У всіх організмах одні й ті самі амінокислоти кодуються одними й тими ж кодонами, тобто код універсальний.
- 3) Код є виродженим — одна амінокислота кодується більш ніж одним триплетом (виключення — метіонін і триптофан).
- 4) Код однозначний — кожний кодон (триплет) кодує тільки одну амінокислоту.
- 5) Код не перекривається: кодони зчитуються один за одним. Наприклад, за послідовністю АУГГЦАЦГА зчитування відбувається тільки у такий спосіб: АУГ/ГЦА/ЦГА. Зчитування АУГ/УГГ/ГГЦ або АУГ/ГГЦ/ЦАЦ неможливе.

Структура гена

Ділянка ДНК, яка несе інформацію про амінокислотну послідовність будь-якого білка, називається **ген**.

Ген еукаріотичних організмів має складну будову. Він складається з декількох частин:

промотора — ділянки ДНК, що несе певну сигнальну послідовність нуклеотидів, яка пізнається ферментом транскрипції РНК-полімеразою;

екзонів — власне кодуючих ділянок гена, що несуть смислові послідовності ДНК;

інтронів — ділянок ДНК, які не несуть інформації про структуру білка і згодом видаляються з молекули іРНК;

термінатора — ділянки, яка містить сигнальну послідовність про припинення транскрипції РНК-полімеразою (**стоп-кодон**).

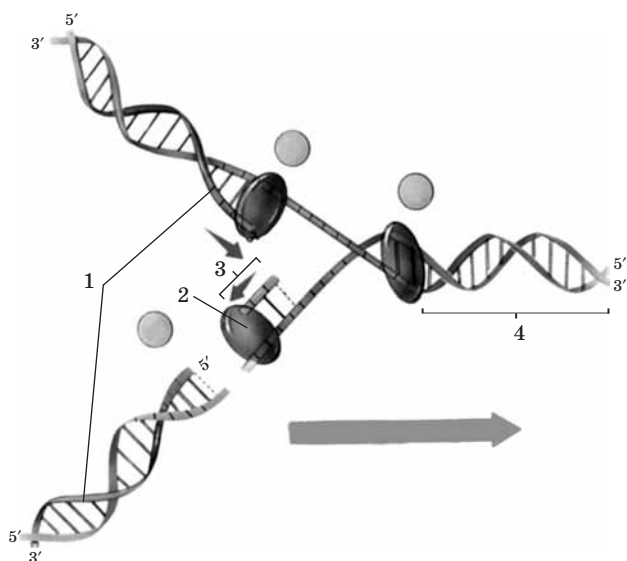
Гени розташовуються лінійно, йдучи або відразу один за одним (у цьому випадку говорять про **генні сегменти**), або розділяючись послідовностями некодуєчої ДНК.

Особливості організації геномів прокариотів і еукаріотів

Еукаріоти	Прокариоти
ДНК зібрані в хромосоми	ДНК у вигляді єдиної кільцевої хромосоми — нуклеоїду
ДНК зв'язані з гістонами	Гістони не виявлені
Гени розділені некодуєчими послідовностями	Гени йдуть один за одним і часто зібрані в оперони (гени ферментів, що каталізують ряд послідовних реакцій одного метаболічного шляху — триптофановий оперон тощо)
Більшість генів мають кілька або багато інтронів	Гени не містять інтронів

Реплікація ДНК

Реплікація ДНК — процес, під час якого молекули ДНК подвоюються. Подвоєння ДНК, що відбувається на певній стадії клітинного циклу, необхідне для передачі спадкової інформації з покоління в покоління.



Реплікаційна виделка:

- 1 — нові ланцюги ДНК, 2 — ДНК-полімераза,
- 3 — сегмент Оказаки, 4 — вихідна спіраль ДНК

Реплікація здійснюється особливим ферментним комплексом — *ДНК-полімеразою*, і відбувається у декілька етапів. На першому етапі ДНК-полімераза прикріплюється до молекули ДНК у певних ділянках — *точках початку реплікації*. Кожна хромосома еукаріотів містить декілька таких ділянок, так що в процесі реплікації одночасно беруть участь багато полімераз. Далі на невеликій ділянці ланцюга ДНК розходяться — формується *реплікаційна виделка*. Полімераза, використовуючи кожний із ланцюгів як матрицю, починає синтезувати дочірні ланцюги, комплементарно добудовуючи дедалі нові нуклеотиди.

Реплікаційна виделка просувається вздовж ДНК доти, поки не зустрінеться з іншою реплікаційною виделкою або не дійде до кінця хромосоми. У результаті реплікації утворюються дві дочірні спіралі, кожна з яких містить один ланцюг матричної молекули й один заново синтезований ланцюг (тому реплікація ДНК називається *напівконсервативною*).

Репарація ДНК

Незважаючи на те що з ДНК зв'язана велика кількість гістонових білків, її структура все ж таки недостатньо стабільна. Причини різних дефектів в укладанні ДНК зумовлені: броунівським рухом атомів, які її складають; підвищенням температури в клітині; дією хімічних речовин (алкілсульфонатів, нітрососечовини); дією ультрафіолетового проміння та іонізуючої радіації.

Усунення пошкоджень молекули ДНК називається *репарацією*. В основі процесів репарації лежить комплементарність нітратних основ. У разі порушення структури пурину або піримідину спеціалізовані ферменти (*ендонуклеази, глікозилази*) вирізають його та проводять заміну, використовуючи як матрицю протилежний ланцюг.

Транскрипція ДНК

Транскрипція — процес синтезу іРНК на матриці ДНК.

Утворені молекули іРНК у свою чергу є матрицями для синтезу білка. Транскрипцію здійснює фермент *РНК-полімераза*. Процес транскрипції відбувається у декілька етапів. Спочатку РНК-полімераза розпізнає ген, який несе інформацію про потрібний клітині білок. Це можливо завдяки сигнальній послідовності нуклеотидів *промотора*. Приєднавшись до промотора, РНК-полімераза розкручує певну ділянку подвійної спіралі ДНК і починає добудовувати до однієї з них комплементарні нуклеотиди.

Почавши копіювання, РНК-полімераза продовжує добудовувати комплементарні нуклеотиди доти, доки не зустрінє стоп-сигнал (*термінатор*). Після цього полімераза відходить від ДНК, а утворений попередник молекули іРНК зазнає в ядрі подальших модифікацій.

Гени, які кодують рРНК, представлені в геномі великою кількістю копій, зібраних у сегменти (*кластери*). Під час одноразового проходження РНК-полімерази транскрибується відразу безліч молекул рРНК, які потім розрізаються і зв'язуються з білками, що приводить до формування рибосомальних субодиниць. Складання рибосомальних субодиниць відбувається, таким чином, у ядрі, а саме в тій його специфічній ділянці, яка називається *ядерцем*.

ВІДТВОРЕННЯ КЛІТИН

Клітина, як структурно-функціональна одиниця живого, здатна до самовідтворення, яке здійснюється шляхом поділу. В еукаріотичних клітин існують два способи поділу — мітоз і мейоз. Стосовно клітин, які діляться шляхом мітозу, вживається поняття клітинний цикл — період життя клітини від її утворення до моменту поділу.

Клітинний цикл

Клітинний цикл складається з *інтерфаз* і власне *мітотичного поділу (мітозу)*. Інтерфаза складається з трьох періодів: *передсинтетичного G₁, синтетичного S і постсинтетичного G₂*.

Передсинтетичний період характеризується інтенсивним ростом клітини, активним синтезом білків, збільшенням об'єму цитоплазми та площі клітинних мембран. Він є найтривалішим і складає основну частину життя переважної більшості клітин.

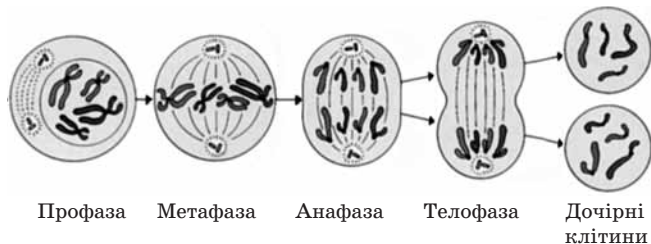
Далі йде **синтетичний період**, під час якого відбувається реплікація ДНК і формування X-подібних хромосом. Кожна хромосома складається тепер з двох сестринських хроматид, ідентичних одна одній. У певній ділянці — *центромери* — обидві хроматиди залишаються сполученими одна з одною. У цей період хромосоми ще тонкі, дуже зігнуті й їх не видно у світловий мікроскоп.

У постсинтетичному періоді інтерфази синтезуються білки веретена поділу й достатня кількість АТФ (процес поділу клітини надзвичайно складний та енергоємний).

Після закінчення інтерфази починається власне **мітотичний поділ (мітоз)**.

Мітоз

Мітоз — спосіб клітинного поділу, під час якого клітини, що утворюються, ідентичні за генотипом і є точною копією материнської клітини. Мітоз відбувається у декілька стадій (фаз), які безперервно переходять одна в одну.



Мітоз

Профаза. У цей період центріолі клітинного центру розходяться до протилежних полюсів клітини. Оболонка ядра поступово розпадається на маленькі мембранні пухирці; аналогічні зміни відбуваються з апаратом Гольджі й ендоплазматичним ретикулумом. У хромосомах спостерігається конденсація хроматину. Процеси транскрипції повністю припиняються, й утворення необхідних клітині білків може здійснюватися тільки за рахунок раніше синтезованих молекул іРНК.

Метафаза. У метафазі конденсація хроматину максимальна. Утворюються так звані метафазні хромосоми, які добре видно у світловий мікроскоп. Кожна хромосома складається з двох сестринських хроматид, які утворюють плечі хромосоми, центромери і кінцевих ділянок — теломерів. Положення центромери і довжина плечей різні у різних хромосом, це є надійним критерієм для їх ідентифікації.

Під час метафази хромосоми вибудовуються на екваторі клітини. Формується веретено

поділу — білкові нитки (мікротрубочки), що тягнуться від центріолей до центромер хромосом. При цьому до кожної центромери може прикріплюватися декілька ниточок.

Анафаза. В анафазі подвійні хромосоми розриваються веретеном поділу і сестринські хроматиди відходять до протилежних полюсів клітини. При цьому вони орієнтовані центромерами до відповідного полюса, а теломерами — до екватора клітини.

Телофаза. У телофазі навколо хромосом починає формуватися ядерна оболонка, з'являються ядерні пори, відновлюється парність центріолей, цитоплазма й органели рівномірно розподіляються між полюсами клітини. Хромосоми поступово деспіралізуються, починають формуватися ядерця.

Далі йде процес розділу цитоплазми з утворенням двох дочірніх клітин — цитокінез.

Утворені дочірні клітини вступають в інтерфазу.

Біологічне значення мітозу полягає в підтриманні сталої кількості хромосом у клітинних поколіннях — дочірні клітини отримують таку ж генетичну інформацію, яка міститься в ядрі материнської клітини.

У багатьох еукаріотичних організмів виявлений так званий прямий поділ, або амітоз, під час якого відбувається подвоєння ДНК, формування нових ядер, проте утворення дочірніх клітин не відбувається або генетичний матеріал розподіляється між ними нерівномірно. У результаті амітозу з'являються багатоядерні клітини, характерні для деяких тканин тварин, грибів і рослин.

Мейоз

Мейоз — спосіб поділу клітин, під час якого відбувається зменшення (редукція) кількості хромосом і перехід клітин з диплоїдного стану в гаплоїдний.

Мейоз включає два поділи — редукційний (перший) і екваційний (другий). Кожний із них поділяється на ряд стадій (фаз): профазу, метафазу, анафазу і телофазу. Ці стадії першого поділу позначаються римською цифрою I, другого — цифрою II.

Процеси, що йдуть в інтерфазі I мейозу, ідентичні таким під час мітозу.

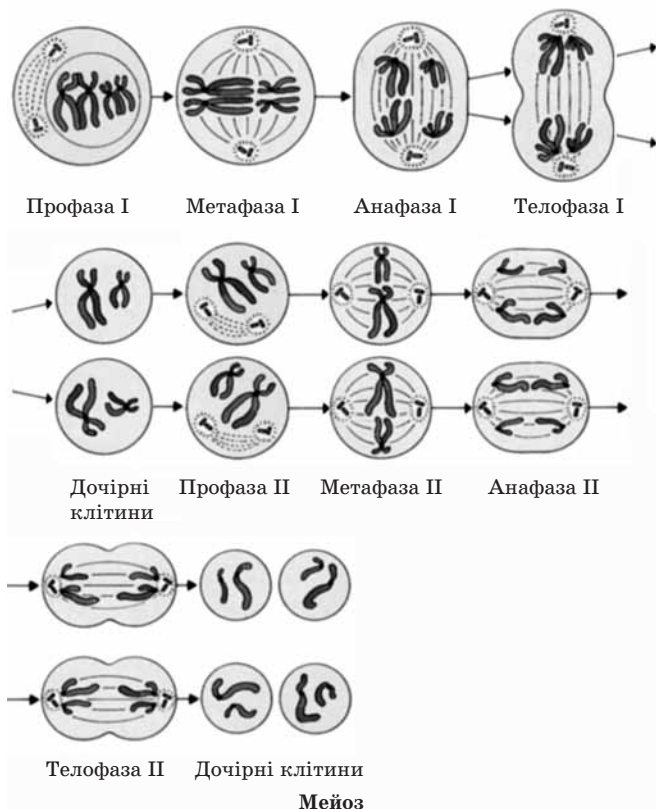
Профаза I. Спостерігається попарне зближення подвоєних гомологічних і спіралізованих хромосом (утворення бівалентів). Відбувається кросинговер — злиття й обмін гомологічними ділянками. Руйнується ядерна оболонка, розходяться центріолі.

Метафаза I. Біваленти гомологічних хромосом розташовуються на екваторі клітини, нитки веретена поділу прикріплюються до центромер.

Анафаза I. До полюсів клітини розходяться подвоєні хромосоми (не сестринські хроматиди,

як у мітозі) — по одній хромосомі з кожного біваленту. Відбувається двократне зменшення (редукція) кількості хромосом і їх випадковий перерозподіл у майбутніх гаметах.

Телофаза I. Утворюються дочірні клітини вже з гаплоїдним набором хромосом. Кожна хромосома складається з двох сестринських хроматид, ідентичних одна одній.



Після першого редукційного поділу мейозу клітини вступають у коротку інтерфазу II, яка не супроводжується подвоєнням ДНК. Потім починається другий поділ — екваційний. В анафазі II дочірні хроматиди розходяться до протилежних полюсів клітини, а в телофазі II з двох клітин, що виникли під час редукційного поділу, утворюються чотири клітини, які несуть гаплоїдний набір хромосом.

Мейоз здійснюється під час утворення статевих клітин у тварин і спор у багатьох рослин (нестатеве розмноження).

ОБМІН РЕЧОВИН У КЛІТИНІ

Обмін речовин (метаболізм) — сукупність хімічних перетворень, які відбуваються в клітинах та забезпечують їхній ріст, життєдіяльність і відтворення.

Обмін речовин живої клітини складається з двох протилежно направлених видів реакцій — катаболічних і анаболічних. Сукупність реакцій

розпаду органічних сполук називається катаболізмом або енергетичним обміном. Сукупність реакцій синтезу органічних сполук називається анаболізмом або пластичним обміном. Під час розщеплення (катаболізму) органічних сполук (білків, жирів, вуглеводів) виділяється енергія, яка акумулюється в хімічних зв'язках молекул АТФ. Ця енергія використовується клітиною в анаболічних процесах — синтезі власних, необхідних на даний момент часу білків, жирів і вуглеводів. Таким чином, енергетичний і пластичний обмін тісно пов'язані між собою потоками речовини й енергії.

За способом добування енергії живі організми поділяються на автотрофів і гетеротрофів. Клітини гетеротрофів (тварини, гриби, більшість бактерій, паразитичні рослини) для побудови власних біополімерів використовують мономери поглинутих і розщеплених ними органічних сполук, а також енергію, що виділяється при цьому. Автотрофи здатні синтезувати власні біополімери з води, вуглекислого газу та мінеральних солей. Залежно від джерела енергії, яка використовується, автотрофи поділяють на фототрофів (акумулюють сонячну енергію — зелені рослини, деякі бактерії) і хемотрофів (акумулюють енергію, що виділяється внаслідок окисно-відновних процесів, — сіркобактерії, нітрифікуючі бактерії).

За чутливістю до концентрації кисню в навколишньому середовищі всі організми поділяються на аеробів і анаеробів. Аероби можуть існувати тільки за наявності достатнього вмісту кисню. Анаероби поділяються на облігатних (існують тільки в безкисневих умовах) і факультативних (здатні до життя в широкому діапазоні концентрацій кисню).

Обмін вуглеводів

Енергетичний обмін вуглеводів

Виділяють три етапи катаболізму вуглеводів.

На **першому етапі** полісахариди розщеплюються до моносахаридів. У більшості багатоклітинних гетеротрофних організмів ці процеси відбуваються в травному тракті й називаються порожнинним травленням, в одноклітинних автотрофів і гетеротрофів — безпосередньо всередині клітини.

На **другому етапі** глюкоза під дією ряду цитоплазматичних ферментів перетворюється на піровиноградну кислоту (піруват). Процес розщеплення глюкози до пірувату називають анаеробним гліколізом, оскільки для його здійснення не потрібний кисень. У безкисневих умовах піруват, що утворився, перетворюється на молочну кислоту (лактат), яка виводиться з клітин як кінцевий продукт катаболізму вуглеводів. Під час розщеплення 1 молекули глюкози шляхом

анаеробного гліколізу утворюється 2 молекули пірвіноградної кислоти, виділяється 2 молекули АТФ і 2 молекули *нікотинамідаденіндинуклеотиду* — НАДН. Пізніше НАДН може бути використаний клітиною для синтезу АТФ.

Деякі прокариоти (анаеробні грамположитивні бактерії роду *Clostridium*) й еукаріоти (дріжджі) окиснюють глюкозу з утворенням етилового спирту. Такий процес називається спиртовим бродінням. При цьому глюкоза перетворюється на піруват, а потім ферментативно окиснюється спочатку до оцтового альдегіду, а потім до етилового спирту. Із 1 молекули глюкози утворюється 2 молекули АТФ, вуглекислий газ і вода. Спиртове бродіння широко застосовується для добування спирту, пива та вина.

Третій етап катаболізму починається за наявності в середовищі достатньої кількості кисню. Утворений піруват надходить у мітохондрії та бере участь у реакції утворення ацетилкоферменту А (ацетил-КоА) — сульфуровмісної молекули з макроергічним зв'язком, похідної оцтової кислоти. Ацетил-КоА піддається комплексу ферментативних перетворень, які об'єднуються під назвою цикл Кребса або цикл трикарбонових кислот (ЦТК), у процесі яких утворюються 1 молекула АТФ, 3 молекули НАДН, 1 молекула флавінаденіндинуклеотиду — ФАДН₂ і вуглекислий газ. НАДН і ФАДН₂ пізнаються і зв'язуються ферментами дихального ланцюга мітохондрій, де окиснюються до НАД⁺ і ФАД⁺.

Дихальний ланцюг мітохондрій складається з декількох білкових комплексів, розташованих у внутрішній мембрані мітохондрій і здатних уловлювати і транспортувати електрони. Останній здійснює передачу електронів безпосередньо на молекулярний кисень (O₂) з утворенням води. Такий процес називають окисним фосфорилуванням. У разі окиснення 1 молекули НАДН утворюються 3 молекули АТФ, а у разі окиснення ФАДН₂ — 2 молекули АТФ.

Пластичний обмін вуглеводів у гетеротрофних організмів

Моносахариди, які потрапили в цитоплазму, можуть не тільки піддаватися розщепленню з виділенням енергії, але й є матеріалом для синтезу власних полісахаридів клітини.

Глюкоза за допомогою специфічних ферментів полімеризується з утворенням глікогену (цей процес називається глікогенезом). У цьому разі витрачається енергія АТФ. Синтезований глікоген накопичується в цитозолі у вигляді гранул і є запасною поживною речовиною. У разі необхідності він окиснюється до глюкози, яка включається в гліколіз. Утворена внаслідок розпаду глікогену в клітинах печінки ссавців глюкоза виходить у кров і є джерелом енергії для нейронів і м'язів. Оскільки більшість реакцій гліколізу є оборотними,

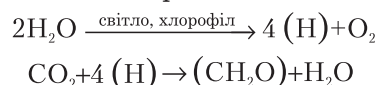
клітина здатна синтезувати глюкозу з інших сполук ацетил-КоА, кислот, залучених у ЦТК (цей процес називається глюконеогенезом).

Пластичний обмін вуглеводів у фототрофних організмів — фотосинтез

Фотосинтез — це процес перетворення енергії сонячного світла на енергію хімічних зв'язків і синтезу органічних сполук (вуглеводів) з неорганічних (вода та вуглекислий газ).

Основним фотосинтетичним пігментом вищих рослин є хлорофіл. За хімічною структурою розрізняють декілька видів хлорофілу — а (міститься в хлоропластах усіх зелених рослин і ціанобактерій), b, c і d (присутні разом із хлорофілом а у клітинах водоростей).

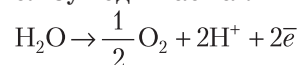
Процес фотосинтезу складається з двох взаємопов'язаних етапів світлової та темної фаз. Світлова фаза відбувається лише за наявності світла, за допомогою фотосинтетичних пігментів у тилакоїдах хлоропластів. Реакції темної фази не вимагають для свого здійснення світла та відбуваються в стромі хлоропластів. Сумарні рівняння світлової та темної фаз:



У світловій фазі фотосинтезу відбувається поглинання світла молекулами хлорофілу і трансформація енергії світла в хімічну енергію АТФ і відновленого НАДФН (нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат відновлений). Ці процеси здійснюються білковими комплексами, які входять до складу тилакоїдів хлоропластів.

Одними з таких комплексів є фотосистема 1 (ФС1) і фотосистема 2 (ФС2). У кожній фотосистемі виділяють три зони: антенний комплекс, реакційний центр, первинні акцептори електронів. Антенний комплекс складається з хлорофілу b і допоміжних пігментів. Він призначений для уловлювання енергії світла та передачі її на реакційний центр. До реакційного центру ФС1 і ФС2 входять молекули хлорофілу a.

Процеси у світловій фазі здійснюються за так званою Z-схемою. Кванти світла, потрапляючи на ФС2 і передаючи їй свою енергію, збуджують електрони реакційного центру, які передаються через ланцюг білкових переносників і втрачають при цьому енергію. Утворене внаслідок виходу електронів вакантне місце у ФС2 поповнюється електронами, отриманими під час фотолізу води — реакції розщеплення молекули води під дією кванта світла з виділенням протонів, електронів і кисню. Рівняння фотолізу води має такий вигляд:



Водночас у разі збудження реакційного центру ФС1 електрон передається через ферумвмісні білки, також втрачаючи при цьому енергію. Частина енергії, що виділилася, йде на ферментативне відновлення НАДФ+ до НАДФН. Вакантне місце, що утворилося у ФС1, займається електронами, що надійшли з ФС2. Енергія, що вивільнилася під час проходження електронів з ФС2 у ФС1, використовується для синтезу АТФ з АДФ і неорганічного фосфату.

Утворені в результаті фотохімічних реакцій АТФ і НАДФН використовуються для здійснення реакцій темної фази, в якій відбувається відновлення молекул CO_2 до молекул вуглеводів (глюкози). Існують різні способи відновлення CO_2 , найпоширеніший із них — цикл Кальвіна, притаманний усім рослинам.

У процесі циклу Кальвіна відбувається фіксація атома Карбону CO_2 для побудови глюкози ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) з рибульозо-1,5-дифосфату ($\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_5\text{P}_2$).

Для синтезу 1 молекули глюкози в циклі Кальвіна необхідно 12 молекул НАДФН і 18 молекул АТФ, що утворюються в результаті фотохімічних реакцій фотосинтезу. Енергія для синтезу вуглеводів утворюється внаслідок розщеплення молекул АТФ, синтезованих під час проходження електронів по компонентах ФС1 і ФС2.

Утворена в процесі циклу Кальвіна глюкоза може потім розщеплюватися до пірувата, надходити в цикл Кребса.

Обмін жирів

Енергетичний обмін жирів

Жирні кислоти в клітинах гетеротрофів транспортуються в мітохондрії за допомогою специфічного переносника, де піддаються окисненню з утворенням ацетил-КоА, який надходить у цикл Кребса (у разі окиснення 1 молекули пальмітинової кислоти до CO_2 і води утворюється 140 молекул АТФ). Цикл Кребса, таким чином, є універсальним клітинним циклом, який сполучає між собою обмін вуглеводів і жирів. Процес розщеплення жирних кислот може відбуватися тільки в аеробних умовах.

Пластичний обмін жирів

Ацетил-КоА може правити за джерело для синтезу жирних кислот і холестеролу (а також стероїдних гормонів у відповідних клітинах ендокринних залоз). У жировій тканині жирні кислоти та глюкоза перетворюються на триацилгліцероли і запасуються у формі ліпідних (жирових) крапель доти, доки не будуть затребувані іншими органами. У разі голодування триацилгліцероли жирової

тканини хребетних і деяких безхребетних тварин розщеплюються до жирних кислот і гліцеролу, які виходять у кров і слугують джерелом енергії для міокарду (у клітинах печінки гліцерол також здатний перетворюватися на глюкозу). Триацилгліцероли можуть частково синтезуватися з глюкози у разі її окиснення до ацетил-КоА.

Обмін білків

Пластичний обмін — синтез білка

Амінокислоти, що утворюються внаслідок розщеплення харчового білка гетеротрофами, транспортуються в цитоплазму клітин. Далі вони включаються в синтез клітинних білків. Замінні амінокислоти можуть утворюватися в клітині з різних речовин.

Незамінні амінокислоти обов'язково мають надходити в гетеротрофні клітини з навколишнього середовища. Для різних організмів незамінними є різні амінокислоти.

Клітини автотрофів здатні самостійно синтезувати всі необхідні амінокислоти, використовуючи нітратні сполуки, поглинені з ґрунту. При цьому витрачається енергія, акумульована в хімічних зв'язках АТФ у процесі фотосинтезу.

Процес синтезу білка складається з декількох етапів: 1) транскрипція іРНК на матриці ДНК; 2) транспорт іРНК через ядерні пори в цитоплазму клітини; 3) формування комплексу іРНК з великою і малою субодинаціями рибосом; 4) трансляція — процес реалізації інформації, закодованої в нуклеотидній послідовності іРНК, в амінокислотну послідовність білка; 5) посттрансляційні модифікації синтезованої білкової молекули.

Транскрипція іРНК та її модифікації

РНК-полімераза копіює не лише нуклеотиди екзонів, але також й інтронів. Тому молекула, що утворюється при цьому, містить не тільки кодуєчі, але й «безглузді» послідовності. Особливі ферменти ядра здатні пізнавати інтрони та вирізати їх.

В ядрі іРНК піддається й іншим модифікаціям: до її кінців прикріплюються сигнальні послідовності нуклеотидів, які відповідають за подальші сполучання іРНК з рибосомами та її транспорт з ядра.

Транспорт іРНК

Зрілі молекули іРНК пізнаються особливими білками ядерних пор, які сприяють їх просуванню в цитоплазму за допомогою активного транспорту. Потрапивши в цитоплазму, іРНК зв'язується з рибосомальними субодинаціями, це є сигналом для збирання цих субодинаць у функціонально активну рибосому.

Трансляція

У процесі трансляції нуклеотидна послідовність іРНК зчитується групами по три нуклеотиди, у міру того як рибосома переміщується вздовж молекули іРНК.

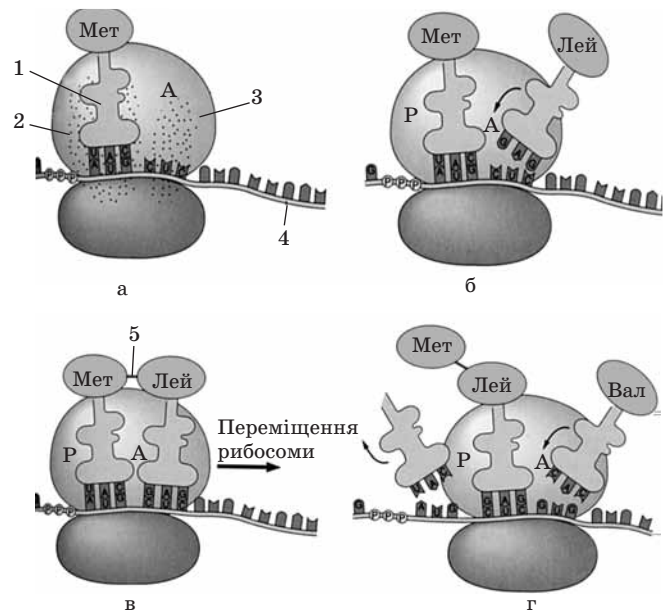
Транспорт амінокислот до рибосом забезпечують тРНК. Для кожної амінокислоти існує специфічна тРНК. Молекули тРНК містять близько 80 нуклеотидів. Усі молекули мають подібну структуру: у кожній є акцепторна ділянка, до якої приєднується відповідна амінокислота, ділянка, що містить антикодон — послідовність з трьох нуклеотидів, комплементарну кодону іРНК, який відповідає певній амінокислоті.

Транспортна РНК з приєднаною до неї амінокислотою надходить до рибосоми та зв'язується антикодоном із комплементарним триплетом (кодоном) молекули іРНК. Зв'язування відбувається в чітко визначеному місці — на так званій А-ділянці рибосоми. У цей момент на Р-ділянці (вона розташована поряд з А-ділянкою) вже є тРНК, яка утримує кінець поліпептидного ланцюга, який росте. Амінокислота, закріплена на тРНК, яка щойно надійшла, утворює пептидний зв'язок з СООН-кінцевою амінокислотою поліпептидного ланцюга, і тРНК, яка до цього була розташована на Р-ділянці, відділяється від рибосоми і здатна транспортувати іншу таку ж амінокислоту. Це приводить до переміщення тРНК, що залишилася (з якою тепер зв'язані амінокислоти синтезованого білка), на Р-ділянку, що звільнилася. Тепер А-ділянка доступна для прикріплення наступної молекули тРНК, антикодон якої комплементарний кодону іРНК (остання також перемістилася відносно А-ділянки на один триплет). Так триває доти, доки в А-ділянці рибосоми не опиниться кодон іРНК, який не кодує жодної амінокислоти — стоп-кодон. В еукаріотів стоп-кодонами є триплети УАА, УАГ і УГА. Для них не існує комплементарного антикодону тРНК; відсутність тРНК в А-ділянці викликає відщеплення поліпептидного ланцюга від тРНК, що знаходиться в Р-ділянці. Трансляція припиняється.

Для більшості клітин синтез білка — найбільш енергоємний з усіх біосинтетичних процесів.

Утворення кожного нового пептидного зв'язку супроводжується розщепленням щонайменше 4 молекул АТФ: 2 з них витрачаються на приєднання амінокислоти до відповідної тРНК, а ще 2 — на зв'язок тРНК з А-ділянкою і пересування рибосоми вздовж ланцюга іРНК.

Збирання одного білка триває в середньому від 20 до 560 секунд. Але навіть ця величезна швидкість може бути збільшена, якщо синтез поліпептидного ланцюга відбувається на полірибосомальному комплексі (полісомі). В останньому випадку нова рибосома приєднується до молекули іРНК відразу ж після того, як попередня зв'яже між собою достатню кількість амінокислот, щоб звільнити їй місце (це відповідає приблизно 80 нуклеотидам).



Синтез білка:

1 — тРНК, 2 — Р-ділянка рибосоми, 3 — А-ділянка рибосоми, 4 — іРНК, 5 — ковалентний зв'язок

Посттрансляційні модифікації.

Після закінчення трансляції до утвореної молекули білка можуть приєднуватися різні органічні молекули — вуглеводи, жирні кислоти тощо. Цей процес відбувається в ендоплазматичному ретикулумі й апараті Гольджі та називається посттрансляційною модифікацією.

ВІДТВОРЕННЯ Й ІНДИВІДУАЛЬНИЙ РОЗВИТОК ОРГАНІЗМІВ

Індивідуальний розвиток організму, уся сукупність його перетворень від зародження (запліднення яйцеклітини або поділу материнської клітини) до кінця життя, називається **онтогенезом**.

Цей термін був запроваджений німецьким природодослідником Е. Геккелем у 1866 р. Згідно із сучасними уявленнями у клітині, з якої починається онтогенез організму, закладена певна програма його розвитку (спадкова інформація). У всіх клітинних організмів функцію носія спадкової інформації виконує ДНК, у неклітинних (вірусів) — ДНК або РНК. Генетичний матеріал і вплив навколишнього середовища визначають розвиток особини.

В одноклітинних організмів онтогенезом вважається клітинний цикл — період життя клітини від моменту її утворення до моменту закінчення акту поділу. В онтогенезі багатоклітинних організмів виділяють такі основні періоди (етапи):

- 1) ембріональний — розвиток до виходу організму із зародкових оболонок;
- 2) постембріональний — до досягнення статевої зрілості;
- 3) дорослий стан, включаючи старіння і смерть.

Відповідно до іншої класифікації виділяють такі етапи онтогенезу:

- 1) передзародковий — включає розвиток статевих клітин і запліднення;
- 2) ембріональний;
- 3) постембріональний;
- 4) репродуктивний — період, коли організм здатний розмножуватися;
- 5) пострепродуктивний — втрата репродуктивної функції, старіння, смерть.

Особливістю онтогенезу більшості рослин і деяких тварин є чергування статевого і нестатевого поколінь.

РОЗМНОЖЕННЯ ОРГАНІЗМІВ

Розмноження організмів — процес відтворення собі подібних, що забезпечує безперервність і спадковість життя. Існує два основні типи розмноження: **статеве** і **нестатеве**.

Нестатеве розмноження

Нестатеве розмноження відбувається без участі статевих клітин. Це найдавніша форма розмноження, поширена серед одноклітинних, деяких грибів і рослин. У разі нестатевого розмноження всі нащадки однієї особини генетично ідентичні один одному та батьківському організму. Виняток становить нестатеве розмноження вищих спорових і насінних рослин. Існує декілька видів нестатевого розмноження: поділ, вегетативне розмноження, розмноження за допомогою спор.

Поділ. Мітотичним поділом клітини розмножуються одноклітинні тварини та рослини. У цьому випадку з однієї батьківської клітини утворюються дві дочірні — два нові організми, ідентичні в генетичному відношенні. Для підвищення генетичної мінливості у більшості одноклітинних нестатеве розмноження чергується зі статевим.

Вегетативне розмноження. Існує декілька способів вегетативного розмноження. *Брунькування* здійснюється шляхом утворення на материнському організмі багатоклітинного виросту, з якого розвивається нова особина (рослини, гриби, деякі тварини). *Фрагментація* — відокремлення ділянки тіла з подальшим відновленням частин, яких бракує (тварини). Вегетативне розмноження у рослин може здійснюватися також за допомогою спеціалізованих утворень — цибулин, кореневищ, бульб.

Спороутворення. Спори утворюються в спеціальних органах — спорангіях (спорові рослини, гриби). Вони мають захисні оболонки і здатні переживати несприятливі умови.

Статеве розмноження

У разі статевого розмноження потомство з'являється в результаті злиття генетичного матеріалу гаплоїдних ядер. Зазвичай ці ядра містяться в спеціалізованих статевих клітинах — гаметах. Гамети гаплоїдні, тобто містять одинарний (гаплоїдний) набір хромосом, отриманий від вихідної диплоїдної клітини в результаті мейозу. Під час запліднення гамети зливаються, утворюючи диплоїдну зиготу, з якої в процесі розвитку формується зрілий організм. Перевага статевого розмноження над нестатевим полягає в тому, що

при такому типі розмноження утворюються особини з новими комбінаціями генетичного матеріалу. Різноманітність цих комбінацій дозволяє виду найкращим чином пристосовуватися до мінливих умов середовища.

Багато нижчих тварин (плоскі та кільчасті черви, деякі молюски та ракоподібні) є гермафродитами — в одній особині є одночасно яєчники і сім'яники. Деякі гермафродити здатні до самозапліднення, але здебільшого відбувається перехресне запліднення.

Партеногенез — особлива форма статевого розмноження, за якої розвиток організму походить з незаплідненої яйцеклітини.

У деяких одноклітинних (бактерії, інфузорії) і багатоклітинних (спірогіра) існує форма статевого розмноження кон'югація, особливістю якої є відсутність гамет. Під час кон'югації між клітинами формуються цитоплазматичні містки, через які здійснюється обмін генетичною інформацією.

Чергування поколінь і зміна ядерних фаз

Процеси мейозу й запліднення у живих організмів називають зміною ядерних фаз. При цьому відбуваються якісні та кількісні зміни генетичного матеріалу. Для деяких груп живих організмів характерне чергування поколінь, що розмножуються статевим і нестатевим шляхом.

У більшості тварин кожна особина у будь-який момент життя є диплоїдною. Гамети, утворені внаслідок мейозу, гаплоїдні; під час їх злиття утворюється зигота, і диплоїдність відновлюється. Для деяких тварин (малярійний плазмодій, сцифоїдні медузи) характерне чергування поколінь, що розмножуються статевим і нестатевим шляхом.

У більшості рослин відбувається чергування поколінь. При цьому змінюється кратність набору хромосом. У вищих спорових і насінних рослин покоління, яке розмножується нестатевим способом, є диплоїдним і утворює гаплоїдні спори в результаті мейозу. Статеве покоління, що формується з них, є гаплоїдним і утворює гаплоїдні гамети в результаті мітозу. Після запліднення розвивається диплоїдне нестатеве покоління.

У нижчих рослин найбільш поширена така форма зміни ядерних фаз. У результаті мітозу в гаплоїдному організмі утворюються гамети. Після їхнього злиття диплоїдна зигота покривається оболонкою, а її вміст ділиться шляхом мейозу. Утворюються чотири гаплоїдні клітини — мейоспори, які звільняються і дають початок новим гаплоїдним організмам. Тобто зигота не дає початок новій особині.

Серед тварин і рослин є винятки. Чергування поколінь і зміна ядерних фаз у форамініфер такі ж, як у вищих рослин, а бура водорість фукс розмножується подібно до більшості тварин.

Особливості статевого розмноження тварин

Клітини багатоклітинних тварин поділяють на соматичні та статеві. Соматичні клітини формують тканини й органи тварин. Статеві клітини слугують для статевого розмноження і відрізняються від соматичних рядом ознак.

По-перше, статеві клітини мають гаплоїдний набір хромосом, соматичні — диплоїдний.

По-друге, співвідношення об'ємів ядра та цитоплазми статевих і соматичних клітин різко відрізняється. Так, об'єм яйцеклітини птахів (яєчного жовтка) у мільйони разів перевищує об'єм будь-якої соматичної клітини, тоді як об'єми їхніх ядер не дуже відрізняються. Яйцеклітина людини має розміри близько 200 мкм, розміри більшості клітин тіла не перевищують 30 мкм. Розміри сперматозоїдів людини варіюють у межах 50—70 мкм. Їхні ядра мало відрізняються за об'ємом від ядер соматичних клітин, але об'єм цитоплазми в них дуже малий.

Порушення ядерно-цитоплазматичного співвідношення в статевих клітинах призводить до того, що біохімічні процеси в них відбуваються дуже повільно. Тому, відділяючись від живильних клітин сім'яного каналця або фолікула, гамети швидко гинуть. Єдиний спосіб уникнути загибелі гамет полягає в їхньому злитті. Але є й винятки з цього правила. У сім'яприймачах бджолиних маток сперматозоїди зберігають життєздатність протягом двох років. У цьому разі матка може довільно запліднити відкладені яйця, регулюючи співвідношення каст у вулику: запліднені яйця розвиваються в личинки робочих бджіл, незапліднені — в личинки трутнів.

Ще одна відмінність гамет від соматичних клітин полягає в тому, що змінений порівняно із соматичними клітинами обмін речовин гамет призводить до того, що зрілі сперматозоїди і яйцеклітини не здатні вступати в мітоз (без запліднення або активації).

Утворення гамет

На певному етапі ембріонального розвитку у хребетних формуються так звані статеві зачатки, які надалі дають початок статевим залозам — гонадам (сім'яникам і яєчникам). У статеві зачатки мігрують клітини, які називаються овогоніями або первинними жіночими статевими клітинами і сперматогоніями або первинними чоловічими статевими клітинами. У гонадах після ряду мітотичних поділів первинні статеві клітини піддаються мейозу та диференціюються на зрілі гамети. Процес утворення жіночих гамет називається овогенезом, процес утворення чоловічих гамет — сперматогенезом. Ряд клітинних поколінь від первинних статевих клітин до зрілих гамет називається зародковим шляхом.

Сперматогенез. Сперматогенез у ссавців починається після статевого дозрівання і триває до старості. Він відбувається в сім'яних каналцях сім'яників. Первинні статеві клітини (сперматогонії) мають диплоїдний набір хромосом; вони постійно діляться шляхом мітозу. Деякі з дочірніх клітин диференціюються в сперматоцити першого порядку (також диплоїдні). Ці клітини вступають у профазу I мейозу, під час якої відбувається утворення бівалентів і кросинговер між ділянками гомологічних хромосом. У результаті першого поділу мейозу утворюються два сперматоцити другого порядку. Кожний із них містить гаплоїдне число хромосом, що складаються з двох сестринських хроматид. Одні сперматоцити містять тільки X-хромосому, інші — тільки Y-хромосому. У результаті другого мейотичного поділу сестринські хроматиди розходяться до полюсів клітини, і з кожного сперматоциту утворюється по дві сперматиди з гаплоїдним набором хромосом. Таким чином, кожний сперматоцит першого порядку дає початок чотирьом сперматидам. Далі сперматиди диференціюються в зрілих сперматозоїдів.

Кожний сперматозоїд складається з головки й рухомого хвоста. Більшу частину головки займає ядро, у її передній частині знаходиться акросома — органела, в якій містяться пухирці з гідролітичними ферментами. Хвіст являє собою джгутик, який починається базальним тільцем. Рухи джгутика здійснюються завдяки роботі мікротрубочок, а енергія для цього процесу утворюється в мітохондріях, розміщених у передній частині хвоста.

Овогенез. Як і сперматогонії, овогонії мають диплоїдний набір хромосом. Після ряду мітотичних поділів вони диференціюються в овоцити першого порядку, які вступають у перший поділ мейозу. Здійснюється реплікація ДНК, гомологічні хромосоми кон'югують з утворенням бівалентів, відбувається кросинговер (профаза I мейозу). Потім настає фаза росту. На цій стадії інтенсивно відбуваються процеси синтезу білка, накопичення мРНК, запасаання жовткових гранул, багатих на ліпіди та білки. Далі відбувається завершення першого поділу мейозу: біваленти розходяться в дочірні ядра, кожне з яких має тепер гаплоїдний набір хромосом. Цитоплазма ділиться асиметрично, так що наприкінці першого поділу утворюються дві клітини, які різко відрізняються за розміром. Більша з них називається овоцитом другого порядку — в ній закладені всі можливості для розвитку. Друга, маленька, називається редукційним (полярним) тільцем; вона не здатна дати початок новому організму й надалі руйнується.

Далі йде другий поділ мейозу, під час якого сестринські хроматиди відділяються одна від одної й розходяться до полюсів. Цитоплазма овоциту другого порядку також розподіляється між двома дочірніми клітинами асиметрично, що

веде до утворення зрілої яйцеклітини та другого редукційного тільця. Останнє також поступово дегенерує.

Асиметричний розподіл цитоплазми при овогенезі робить можливим збереження у зрілій яйцеклітині накопиченого запасу поживних речовин, сигнальних білків та іРНК, необхідних для подальшого розвитку зародка.

Яйцеклітина ссавців, крім плазматичної мембрани, оточена ззовні драглистою (блискучою) оболонкою, утвореною в основному глікопротеїновими молекулами, частину якої секретує сама яйцеклітина, а іншу частину — клітини фолікула, які її оточують. Оболонка оберігає яйцеклітину від механічних пошкоджень і є видоспецифічним бар'єром для проникнення всередину сперматозоїдів іншого виду.

Запліднення

Запліднення — процес поєднання генетичного матеріалу яйцеклітини та сперматозоїда. У деяких тварин (багатьох комах, павукоподібних, хвостатих амфібій, птахів) необхідне проникнення в яйцеклітину багатьох сперматозоїдів (наприклад 15—25 у голуба). Це явище дістало назву поліспермії. В інших тварин (безхвостих амфібій, переважної більшості ссавців) активація яйцеклітини запускається тільки одним сперматозоїдом (моноспермія), причому в процесі еволюції виробилися механізми, які перешкоджають їх множинному проникненню.

Процес запліднення починається в той момент, коли головка сперматозоїда приходить у зіткнення з драглистою оболонкою яйцеклітини. При цьому відбувається зв'язування білків плазматичної мембрани сперматозоїда зі специфічними білками мембрани яйцеклітини. Третинна структура цих мембранних білків видоспецифічна, що запобігає міжвидовому схрещуванню.

Взаємодія з яйцеклітиною приводить до вивільнення гранул з акросоми сперматозоїда. Ферменти акросоми розщеплюють ділянку драглистої оболонки, і плазматична мембрана сперматозоїда зливається з плазматичною мембраною яйцеклітини. Ядро сперматозоїда проникає в цитоплазму яйцеклітини. Контакт із сперматозоїдом запускає в яйцеклітині дві реакції: збільшує проникність її плазматичної мембрани для йонів натрію і приводить до екзоцитозу кортикальних гранул. Надходження натрію всередину клітини змінює заряд мембрани, а ферменти кортикальних гранул за декілька секунд руйнують мембранні білки, які впізнаються сперматозоїдами. Після цього інші сперматозоїди вже не можуть зв'язатися з яйцеклітиною і проникнути в неї.

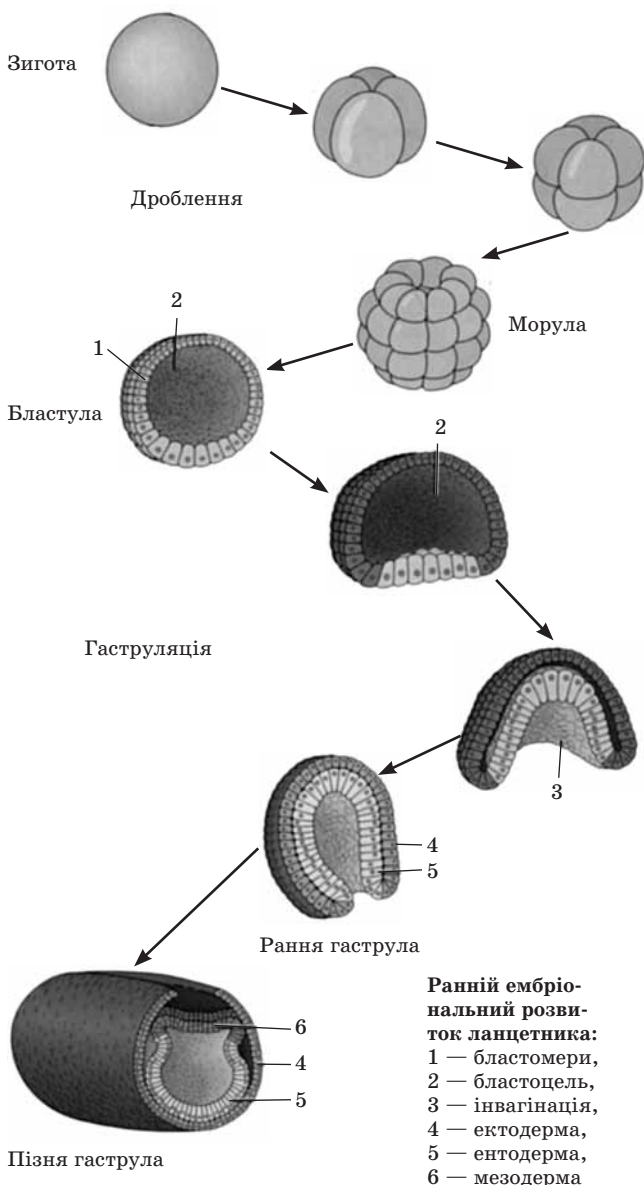
У деяких тварин розвиток яєць без запліднення відбувається закономірно і називається природним партеногенезом. На відміну від нього штучний партеногенез викликаний експериментально.

Партогенетичним шляхом розвиваються трутні бджіл; усі клітини їхнього тіла несуть гаплоїдний набір хромосом. У процесі партеногенезу у ракоподібних і тлі диплоїдність відновлюється завдяки тому, що перше або друге редукційне тільце зливається з ядром яйцеклітини.

Біологічне значення запліднення полягає в тому, що під час злиття чоловічих і жіночих статевих клітин виникає новий організм, що поєднує в собі ознаки батька та матері в різних комбінаціях. У результаті цього відбувається збільшення спадкової різноманітності організмів.

ЕМБРІОНАЛЬНИЙ РОЗВИТОК ТВАРИН

Дроблення зиготи



Після проникнення сперматозоїда в яйцеклітину та злиття їхніх ядер утворюється одноклітинний зародок — зигота. Диплоїдне ядро зиготи вже через декілька хвилин може почати ділитися. Ряд послідовних мітотичних поділів зиготи називають дробленням. У разі дроблення передсинтетичний період інтерфази практично відсутній, тому клітини, що утворюються — бластмери, — мають дедалі меншу кількість цитоплазми порівняно з яйцеклітиною. У разі високої швидкості дроблення синтез білка не відбувається, і бластмери повністю використовують білки, накопичені в цитоплазмі яйцеклітини.

Характер дроблення великою мірою залежить від кількості жовтка в цитоплазмі яйцеклітини. Жовткові гранули перешкоджають просуванню веретена поділу до полюсів клітини й утворенню перетяжки, тому у тварин з великою кількістю жовтка (плазуни, птахи) дроблення неповне: ядра з відокремленими ділянками цитоплазми зосереджуються біля одного полюса клітини, а протилежний полюс заповнений жовтком. Яйцеклітини, що мають незначну кількість жовтка або не мають його взагалі (ссавці, плоскі черви), піддаються повному дробленню. Розрізняють рівномірне та нерівномірне повне дроблення. За рівномірного дроблення бластмери однакові (у ланцетника). У разі нерівномірного дроблення бластмери відрізняються за формою і розмірами (у жаби на одному полюсі зародка бластмери дрібніші, ніж на іншому).

Бластула

Період дроблення закінчується формуванням бластули. У типовому випадку бластула складається із шару бластмерів, які оточують щільним кільцем порожнину — бластоцель. Бластоцель заповнена рідиною, яка за хімічним складом відрізняється від рідини зовнішнього середовища. У ссавців цю стадію формування зародка називають бластоцистою. Бластоциста відрізняється від бластули тим, що бластмери в ній розташовуються в два шари: зовнішній дає початок трофобласту, а внутрішній (зародковий вузлик) — ембріобласту. На стадії бластоцисти зародок переміщується яйцепроводом до матки.

Гастроула

Наступна стадія ембріонального розвитку називається гастроуляцією, а зародок на цій стадії — гастролою. Гастроула формується у більшості багатоклітинних тварин під час вгинання (інвагінації) частини стінки бластули всередину бластоцелі. Зародок на цій стадії складається з двох шарів клітин (зародкових листків): зовнішнього — ектодерми, і внутрішнього — ентодерми. Під час вгинання утворюється порожнина — гастроцель (гастральна порожнина), і отвір, яким вона

сполучається з навколишнім середовищем — бластопор (первинний рот). У первинноротих тварин бластопор, розвиваючись і диференціюючись, перетворюється на рот дорослого організму, у вторинноротих — на анальний отвір. Рот у вторинноротих виникає на протилежному кінці зародка.

Бластоцель виявляється поміщеною між ентої ектодермою. У неї проникають бластомери, що дають початок третьому зародковому листку — мезодермі. У ссавців, рептилій і птахів мезодерму утворюють клітини, які виселяються з певних зон ентодерми. У губок і кишквопорожнинних мезодерми немає, тому їх називають двошаровими тваринами.

У деяких тварин гастрюляція йде не шляхом інвагінації, а шляхом міграції бластомерів із стінки бластули в бластоцель.

Органогенез

Зародкові листки дають початок тканинам та органам ембріонів, які розвиваються. З ектодерми формуються зовнішній епітелій, шкірні залози, поверхневий шар зубів, рогових лусок, нервова система. Похідними ентодерми є епітелій середньої кишки, епітелій дихальної системи, травні залози. Клітини мезодерми розвиваються в м'язову та сполучну (зокрема кісткову та хрящову) тканини, канали органів виділення, кровеносну і, частково, статеву системи.

Процес формування органів із певних комплексів клітин ембріона називається органогенезом. Першою у процесі ембріогенезу закладається нервова система. Її розвиток — нейруляція — починається услід за гастрюляцією. Ембріон на цій стадії називають нейрулою. Нейруляція у хордових починається з потовщення ділянки ектодерми (нервової пластинки) на спинному боці зародка. По краях нервової пластинки утворюються складки — нервові валики, які стають дедалі вищими, зближуються та змикаються, утворюючи нервову трубку.

Приблизно в цей же час клітини мезодерми хордових збираються у скупчення, усередині яких є порожнини. Такі посегментно розташовані клітинні маси називають сомітами. Зовнішня ділянка соміта, яка прилягає до ектодерми, є джерелом розвитку дерми, середня — йде на побудову попереочно-смугастої мускулатури, а внутрішня — розвивається в хрящову та кісткову тканини. Певні ділянки мезодерми диференціюються в гладеньку мускулатуру кишечника та кровеносних судин. Клітини мезодерми, які лежать поряд із сомітами, є джерелом формування видільної системи.

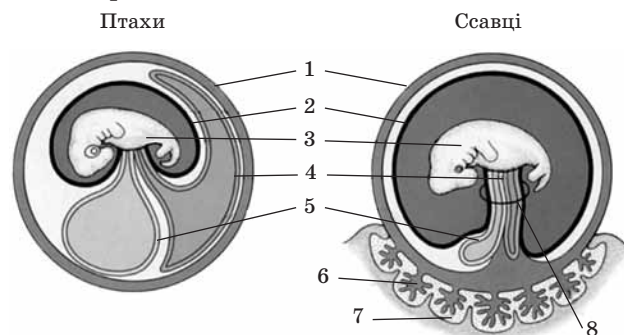
Зародкові оболонки

Крім формування органів зародкові листки утворюють у рептилій, птахів і ссавців зародкові оболонки — амніон, хоріон, алантоїс.

Амніон розвивається зі складок ектодерми та мезодерми. Амніотична порожнина заповнюється

амніотичною рідиною і захищає зародок від механічних ушкоджень.

Хоріон плацентарних ссавців (у плазунів і птахів цю оболонку зазвичай називають серозною) безпосередньо контактує зі стінкою матки своїми ворсинками.



Зародкові оболонки:

1 — хоріон, 2 — амніон, 3 — ембріон, 4 — алантоїс, 5 — жовтковий мішок, 6 — зародкова ділянка плаценти, 7 — материнська ділянка плаценти, 8 — пуповина

Алантоїс формується як виріст заднього відділу кишки зародка; у його утворенні беруть участь ентодерма та мезодерма. У рептилій і птахів алантоїс виконує дві важливі функції. По-перше, він працює як зародковий орган виділення, накопичуючи продукти метаболізму. По-друге, алантоїс править за орган дихання ембріона: у ньому розвивається густа сітка кровеносних судин, що прилягає до яєчної шкаралупи, проникної для кисню. У ссавців у зв'язку з внутрішньоутробним розвитком плоду функція алантоїса частково втрачається. Його судини проникають у ворсинки хоріона, формуючи судини пуповини.

Запас жовтка зародків хордових зосереджується в жовтковому мішку — вирості кишечника, стінки якого утворюються з ентодерми. Жовтковий мішок рептилій і птахів добре розвинений, тоді як у ссавців він практично не містить жовтка.

Особливості ембріонального розвитку ссавців. Рушійні сили ембріогенезу

Як було зазначено вище, на стадії бластоцисти одні бластомери йдуть на утворення трофобласта, інші формують ембріобласт. Клітини трофобласта відзначаються маленькими розмірами. Під час імплантації вони починають виділяти протеолітичні ферменти, які розщеплюють стінку матки, сприяючи укорінюванню зародка. Клітини ембріобласта продовжують ділитися та інвагінують з утворенням гастрюли. Формуються зародкові листки, клітини яких беруть участь у закладанні відповідних органів. Частина клітин екто-, енто- та мезодерми утворюють зародкові оболонки, які оберігають ембріон від впливу середовища. Хоріон і трофобласт формують плаценту. У плаценті можна виділити зародкову частину, що утворюється ворсинками хоріона та судинами алантоїса, і материнську частину — змінену стінку матки.

На ранніх стадіях дроблення (до 8, рідше до 32 бластомерів) клітини залишаються «рівноправними», ідентичними та здатні дати початок будь-якій частині зародка або всьому організму. Така властивість ранніх бластомерів називається тотипотентністю. Утворення однойцевих (ідентичних) близнят у людини також пов'язане з природним розділенням перших двох бластомерів, які утворилися під час дроблення зиготи.

На більш пізніх стадіях дроблення бластомери набувають асиметричності, і у разі штучного розділення здатні формувати тільки певні органи та системи ембріона. У цьому випадку говорять про детермінацію клітин, тобто про вибір ними певних програм розвитку. Поступово у процесі бластуляції та гастрюляції відмінності між бластомерами стають дедалі більш значущими. Білки, які містяться в цитоплазмі бластомерів, проникають у ядро і включають певні гени. Білки, що кодуються цими генами, відіграють ключову роль у процесах органогенезу. Вони секретуються клітинами в міжклітинний простір (бластоцель, гастроцель тощо) і, зв'язуючись з іншими клітинами, запускають в них складні реакції, що також приводять до активації генів. Такі білки називають чинниками росту.

Під час ембріогенезу клітини не тільки діляться, але й гинуть. Загибель необхідна для того, щоб відбулося сполучення або роз'єднання частин зародка, утворення просвітку в якій-небудь тканині тощо.

ПОСТЕМБРІОНАЛЬНИЙ РОЗВИТОК ОРГАНІЗМІВ

Способи відтворення

У тваринному світі відомо три способи відтворення потомства: яйцєродіння, яйцєживородіння і живородіння. Яйцєродінням називається такий спосіб відтворення, за якого розвиток зародка відбувається поза тілом самки — у зовнішньому середовищі, під захистом яйцевих оболонок. Яйцєродіння характерне для більшості безхребетних, круглоротих, риб, амфібій, рептилій, птахів і деяких ссавців.

У разі яйцєживородіння зародок розвивається в тілі матері, проте не отримує від неї поживних речовин. Розвиток відбувається за рахунок запасних речовин яйцевих оболонок (деякі кліщі, риби, плазуни).

У разі живородіння зародок розвивається в материнському організмі, харчується безпосередньо від нього за допомогою спеціальних пристосувань (виростів жовткового мішка тощо). Живородіння характерне для деяких червів,

членистоногих, молюсків, багатьох акул, черепах, деяких ящірок, змій, переважної більшості ссавців. У плацентарних ссавців взаємодія зародка з материнським організмом досягла найбільшої складності. У цих тварин із хоріона та судин алантоїса за участю слизової оболонки матки розвивається плацента — орган, через який здійснюється обмін газами й поживними речовинами між матір'ю та плодом. Тому відносно плацентарних ссавців часто говорять про істинне живородіння.

Постембріональний розвиток

Постембріональний розвиток — період онтогенезу після народження або виходу із зародкових оболонок до настання статевої зрілості. У цей період відбуваються ріст і розвиток організму, диференціювання тканин і органів (наприклад статевих залоз у ссавців).

Безпосередньо після народження у більшості багатоклітинних організмів йде період росту. Ріст — збільшення розмірів і маси особини за рахунок збільшення кількості клітин та їх розтягування. Розрізняють обмежений і необмежений типи росту. У разі обмеженого типу ріст припиняється після досягнення певного віку (більшість ссавців, комах, птахів). У разі необмеженого типу росту особини ростуть упродовж усього життя (молюски, риби, рослини). Процесу росту часто властива періодичність (сезонна, добова тощо) — переривчастий ріст. Так, у рослин помірних широт ріст у зимовий час припиняється, а навесні поновлюється. Період тимчасового фізіологічного спокою в розвитку тварин називається *діапаузою*. Діапауза характеризується різким зниженням інтенсивності метаболізму клітин. Вона властива комахам, багатьом хребетним. У деяких ссавців північних широт діапауза відбувається в зимовий час (ведмеді, соні, бабаки) і називається *гібернацією* (сплячкою). Діапауза комах може тривати від кількох годин до кількох років.

Постембріональний розвиток тварин може бути прямим або супроводжуватись перетворенням — *метаморфозом*. У разі прямого розвитку новонароджені тварини мають основні риси організації дорослої особини, але відзначаються меншими розмірами та не цілком розвиненими статевими залозами. Постембріональний розвиток зводиться до росту та досягнення статевої зрілості (прісноводна гідра, багато нематод, більшість хребетних). У разі розвитку з перетворенням із яйця виходить личинка, яка зазвичай за складом значно простіша, ніж дорослий організм, але має спеціальні личинкові органи, які у дорослому стані відсутні (більшість безхребетних і деякі хребетні тварини — ланцетник, міноги, дводишні риби, земноводні).

Глибоке перетворення будови організму, у процесі якого личинка перетворюється на дорослу

особину, називається метаморфозом. У багатьох комах (бабки, таргани, богомоли, терміти) личинка подібна до дорослої комахи; зміни в організації супроводжуються в основному поступовим розвитком крил. У цьому випадку говорять про розвиток з неповним перетворенням. У більшості комах (жуки, лускокрилі, перетинчастокрилі) личинка червоподібна та не подібна на імаго ні зовнішнім виглядом, ні внутрішньою будовою, ні способом живлення. Тому перехід від личинкової стадії до імаго здійснюється через стадію лялечки. У цьому випадку говорять про розвиток із повним перетворенням.

Розвиток із перетворенням має ряд переваг перед прямим способом розвитку.

Личинка, як правило, використовує інше, ніж доросла особина, джерело їжі, що приводить до послаблення внутрішньовидової конкуренції за ресурси.

У губок, кишковопорожнинних, багатощиткових червів личинка рухома і слугує для розселення виду.

Личинки деяких видів (ракоподібних, павукоподібних, земноводних) здатні розмножуватись. Ця властивість дістала назву неотенії. Здатність до неотенії має пристосувальне значення для тих видів тварин, у процесі індивідуального розвитку яких відбувається зміна середовища існування. Якщо умови існування дорослої стадії украй несприятливі, збільшення кількості личинок підвищує шанси популяції на виживання.

Старіння і смерть організмів

Старіння — закономірний процес вікових змін, що веде до зниження адаптаційних можливостей організму, збільшення ймовірності смерті. Старіння властиве всім організмам і перебігає на молекулярно-генетичному, клітинному, тканинному, органному рівнях організації живого.

Смерть — припинення життєдіяльності організму. Основним біологічним сенсом смерті можна вважати підтримання колообігу речовин та енергії в біосфері.

ГЕНЕТИКА ТА СЕЛЕКЦІЯ

Генетика (від грец. genesis — походження) — наука про спадковість і мінливість живих організмів.

Генетика як теоретична основа селекції розробляє ефективні шляхи та методи отримання нових порід тварин і сортів рослин. Для досягнення цієї мети вибираються оптимальні системи схрещувань, ефективні методи добору, контролюється розвиток спадкових ознак, використовується мутагенез.

Пізнання молекулярних основ життєдіяльності організмів привело до використання біологічних процесів і речовин з промисловою метою. З'явилася нова галузь виробництва — біотехнологія. Основні напрями сучасної біотехнології — мікробіологічний синтез, культивування і використання рослинних і тваринних клітин, генетична інженерія, прикладна ензимологія (наука про білкові речовини клітини).

Використання генетичних знань у медицині дозволяє виявити причини спадкових захворювань, особливості їх передачі потомству, запропонувати методи профілактики та лікування.

Розроблені методи клітинної, хромосомної та генної інженерії дають можливість видозмінювати організми шляхом впливу на цілі клітини, їхні ядра, хромосоми, ділянки хромосом, гени та частини генів. Учені наблизилися до керування спадковістю і створення живих організмів із заздалегідь запланованими властивостями.

ЗАКОНОМІРНОСТІ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК

Методи генетики

Генетичні дослідження проводяться на організменому, клітинному та молекулярному рівнях популяції. Усі методи генетичного аналізу поділяються на декілька груп.

Гібридологічний. Проведення системи схрещувань і аналіз їхніх результатів.

Цитологічний. Аналіз і порівняння генетичних структур і явищ на клітинному рівні.

Молекулярно-генетичний. Вивчення фізико-хімічної структури та механізмів функціонування генетичного матеріалу.

Мутаційний. Встановлення закономірностей, механізмів і особливостей мутагенезу.

Генеалогічний. Вивчення родоводів, визначення закономірностей успадкування ознак у ряді поколінь.

Близнюковий. Аналіз і порівняння мінливості у гомозиготних і гетерозиготних близнят.

Популяцій. Вивчення генетичної структури популяцій і динаміки їхніх змін під впливом зовнішнього середовища.

Селекційний. Створення і підбір початкового експериментального матеріалу.

Ознаки

Усі ознаки організмів можна умовно поділити на *якісні* та *кількісні*. Перші встановлюються описовим шляхом (забарвлення шерсті, форма тіла, статеві відмінності), другі визначаються шляхом вимірювання (несучість, маса насіння, плодів, удій тощо). На розвиток кількісних ознак дуже впливає дія чинників середовища, тоді як прояв якісних ознак практично повністю визначається генотипом. Межі, в яких можлива зміна ознак у даного генотипу (максимальний удій молока, мінімальна кількість насіння), називають нормою реакції.

Хромосомна теорія спадковості

Основою сучасної генетики є хромосомна теорія спадковості. Її сформулювали в 1902 р. Т. Бовері та В. Сеттон на основі відкриттів Г. Менделя і праць Г. де Фріза, К. Корренса, Е. Чермака та Т. Моргана. Згідно з цією теорією будь-яка пара спадкових чинників локалізована в парі гомологічних хромосом, причому кожна хромосома містить по одному чиннику даної ознаки.

Основні положення хромосомної теорії спадковості:

- 1) ознаки організмів визначаються дискретними елементарними одиницями спадковості — генами;
- 2) ген — частина молекули ДНК;
- 3) гени містяться в хромосомах. Кожна хромосома є групою зчеплення генів;
- 4) гени в хромосомах розташовані лінійно. Кожний ген у хромосомі займає певне місце (локус);
- 5) між гомологічними хромосомами може відбуватися обмін алельними генами (кросинговер);
- 6) відстань між генами в хромосомі пропорційна відсотку кросинговеру;
- 7) існують структурні та регуляторні гени;

- 8) структурні гени кодують синтез білків;
- 9) регуляторні гени контролюють і спрямовують діяльність структурних генів;
- 10) усередині гена можуть відбуватися рекомбінації та мутації;
- 11) генотип функціонує як єдине ціле, хоча є дискретним (складається з окремих генів). На функцію генів впливають чинники як внутрішньоклітинного, так і зовнішнього середовища.

Моногібридне схрещування.

Закони Менделя

Закони спадковості були сформульовані Г. Менделем у 1865 р.

Для своїх експериментів Мендель обрав горох. Для схрещування бралися рослини двох сортів, які чітко відрізнялися за забарвленням насіння (жовте та зелене). Мендель вибрав для експериментів рослини, які належать до чистих ліній (такі, що у ряді поколінь у разі самозапилення не дають розщеплення за ознакою, яка вивчається). Мендель проводив гібридизацію — схрещування двох організмів, що належать до різних ліній. Потомство, отримане внаслідок гібридизації, називається гібридним, а окрема особина — гібридом. Схрещування, в якому беруть участь організми, що відрізняються тільки однією парою альтернативних ознак, називається моногібридним.

Мендель переносив пилок з рослин, які дають жовте насіння, на рослини із зеленим насінням, і навпаки. Усі гібридні рослини першого покоління мали жовте насіння. Ознаку, яка спостерігається у всіх гібридів першого покоління, Мендель назвав домінантною.

Перше гібридне покоління прийнято позначати символом F1 (від латин. *filiale* — діти), батьківське покоління — P (від латин. *parentale* — батьки). На квіти рослин F1 Мендель надягнув ковпачки (щоб не припустити перехресного запилення) і дав їм можливість самозапилюватися. У другому гібридному поколінні в одних рослин утворилося жовте насіння, в інших — зелене. Тобто ознака зеленого забарвлення насіння, відсутня в поколінні F1, знову з'явилася в поколінні F2. Мендель зробив висновок, що ця ознака була в поколінні F1 у прихованому вигляді й не могла розкритися; він назвав її рецесивною. Після підрахунку жовтих (≈ 3000) і зелених (≈ 1000) горошин виявилось, що їх співвідношення дорівнює 3 : 1.

Щоб привести результати експерименту у відповідність зі схемою схрещування, Мендель припустив, що в статевих клітинах (гаметах) спадковий чинник, що визначає розвиток ознаки, має бути єдиним. Так, гамети гороху містять або ген жовтого, або ген зеленого забарвлення насіння. Це припущення називають гіпотезою чистоти

гамет. Нічого не знаючи про мейоз, гени та хромосоми, Мендель зробив такі висновки.

- 1) Оскільки батьківські сорти були чистими лініями (не розщеплювалися), рослини Р із жовтим насінням мають містити два «жовті» чинники, а рослини Р із зеленим насінням — два «зелені».
- 2) Рослини F1 містили по одному чиннику, одержаному від кожної з батьківських рослин через гамети.
- 3) Ці чинники в F1 не зливалися, а зберігали свою індивідуальність.
- 4) «Жовтий» чинник домінував над «зеленим», який виявився рецесивним.

Величезна заслуга Менделя полягає в тому, що він запровадив поняття спадкового чинника, який відповідає за розвиток ознаки. Згодом такі чинники почали називати генами, а гени, розміщені в аналогічних ділянках гомологічних (парних) хромосом, — алельними генами або алелями (наприклад алелі жовтого та зеленого забарвлення насіння гороху). Усі алелі мають чітко визначені місцеположення в гомологічних хромосомах — локуси. Сукупність усіх генів організму називається генотипом. Сукупність ознак організму, що закладені в генотипі й виявляються під впливом середовища, називається фенотипом.

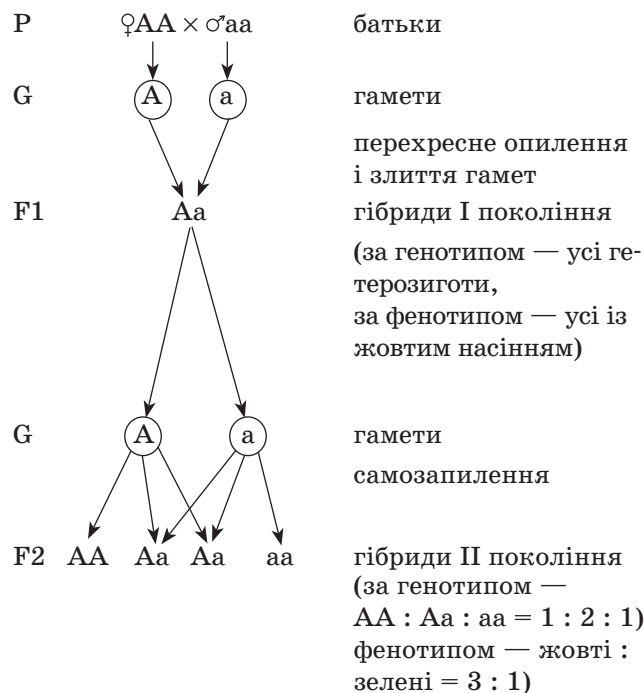
Для позначення одиниць спадковості Мендель запровадив буквену символіку. Гени, які викликають розвиток домінантної ознаки, він позначив великими літерами латинського алфавіту (А, В, С...), а рецесивної — маленькими (відповідно а, b, с...). У процесі запліднення зливаються чоловічі та жіночі гамети, утворюється зигота, в якій об'єднуються гени, що відповідають за розвиток однієї і тієї ж ознаки. Наприклад, можуть об'єднатися два гени жовтого забарвлення насіння (АА), два гени зеленого (аа) або жовтого і зеленого (Аа). Зиготу, яка несе однакові алельні гени (АА або аа), називають гомозиготою, а організм, який розвивається з неї, — гомозиготним. Зигота з різними алельними генами (Аа) називається гетерозиготою, а організм — гетерозиготним.

Домінантною називають ознаку, що завжди виявляється у фенотипі, якщо в генотипі є ген, який визначає його.

Рецесивною називають ознаку, яка виявляється у фенотипі, тільки якщо ген, котрий визначає його, перебуває в гомозиготному стані.

У дослідях Менделя рослини Р із жовтим насінням гомозиготні за домінантною ознакою. Зовнішнє, фенотипне виявлення такого генотипу — жовте забарвлення насіння. Рослини Р із зеленим насінням генотипно гомозиготні за рецесивною ознакою. Фенотипне виявлення цього генотипу — зелене забарвлення насіння.

Схрещування позначають знаком множення (×). У схемі схрещування на перше місце прийнято ставити символ жіночої гамети (♀), а на друге — символ чоловічої гамети (♂):



Для компактного запису комбінації гамет використовують решітку, запропоновану німецьким генетиком початку XX ст. Р. Пеннетом. По горизонталі записують гамети одного з батьків, по вертикалі — другого, а в клітинках решітки записують можливі зиготи:

♀ \ ♂	A	a
A	AA жовті	Aa жовті
a	Aa жовті	aa зелені

На підставі проведених експериментів Мендель сформулював правила, відомі як закони Менделя.

Закон одноманітності гібридів першого покоління (перший закон Менделя): у разі схрещування двох організмів, що належать до різних чистих ліній (двох гомозиготних організмів) і відрізняються за однією альтернативною ознакою, перше покоління гібридів буде одноманітним і нести тільки домінантну ознаку (у разі повного домінування).

Закон розщеплення (другий закон Менделя): у разі схрещування гібридів першого покоління (двох гетерозиготних організмів) у другому поколінні гібридів спостерігається розщеплювання за фенотипом 3 : 1.

Гіпотеза чистоти гамет: під час утворення статевих клітин відбувається розходження спадкових чинників, які до цього містилися попарно в соматичних клітинах, унаслідок чого вони не можуть потрапити до однієї гамети (тобто кожна гамета несе один алель із пари).

Аналізуюче схрещування

Під час виведення нових порід свійських тварин і сортів культурних рослин підбирають батьківські

пари з урахуванням домінування ознак, їх розщеплення в F₂. При цьому необхідно знати, які організми — гомо- чи гетерозиготні — відібрані для селекційної роботи. Знаючи фенотип, не можна бути впевненими, що вихідні форми гомозиготні.

Для визначення генотипу використовують метод аналізуючого схрещування. Відомо, що фенотип однозначно відповідає генотипу тільки у разі рецесивної гомозиготи. Тому для встановлення генотипу особину схрещують із рецесивною гомозиготою.

Оскільки всі гамети рецесивної гомозиготи несуть рецесивний ген, то характер розщеплення у нащадків за фенотипом відповідає типу гамет досліджуваних батьків. Якщо у нащадків аналізуючого схрещування (F₁) співвідношення жовтих і зелених горошин 1 : 1, то генотип досліджуваного батька гетерозиготний (Aa). Якщо ж у нащадків усе насіння має лише жовте забарвлення, то батько гомозиготний (AA).

Дигібридне схрещування

У разі дигібридного схрещування аналізується спадковість у потомстві двох ознак (якщо ознак більше за дві, схрещування називають полігібридним); гени ознак, які аналізуються, мають міститися в різних парах гомологічних хромосом.

Мендель використовував у дослідах з дигібридного схрещування близько десяти альтернативних ознак, серед яких були ознаки форми (гладенька B і зморшкувата b) і забарвлення насіння (жовте A і зелене a).

Число фенотипів у другому поколінні у разі повного домінування визначається формулою

$$(3 + 1)^2 = 9 + 3 + 3 + 1.$$

Аналізуючи кожну ознаку окремо, дістаємо результат, який відповідає другому закону Менделя.

Розщеплення за фенотипом:

1) 3 : 1
жовті : зелені

2) 3 : 1
гладенькі : зморшкуваті

На підставі одержаних даних Мендель сформулював закон незалежного успадкування ознак (третьій закон Менделя): у разі дигібридного схрещування розщеплення по кожній парі алельних ознак відбувається незалежно у співвідношенні 3 : 1.

Взаємодія генів

Генотип становить собою систему взаємодіючих генів. Взаємодіють один з одним як алельні, так і неалельні гени, розміщені в різних локусах. Особливим видом взаємодії генів є плейотропія та множинний алелізм.

Взаємодія алельних генів

Домінування. Алельні гени вступають у відношення домінантності — рецесивності. У разі повного домінування фенотипи гетерозигот і гомозигот за домінантним алелем однакові.

Неповне домінування (проміжне успадкування). У разі неповного домінування фенотип гетерозигот відрізняється від фенотипу обох гомозигот. У садових сортів запашного горошку, наприклад, гомозиготні рослини мають або червоні, або білі квітки, а гетерозиготні — рожеві. Унаслідок схрещування двох рослин з червоними та білими квітками всі рослини в F₁ матимуть рожеві квітки. У F₂ співвідношення як генотипів, так і фенотипів 1 : 2 : 1 (розщеплення за фенотипом збігається з розщепленням за генотипом), тобто дорівнює співвідношенню генотипів при моногібридному схрещуванні.

Кодомінування. У разі кодомінування обидва алелі в гетерозиготі виявляються у фенотипі або формують нову якість ознаки.

Наддомінування. У разі наддомінування домінантний алель у гетерозиготі має сильніше фенотипне проявлення, ніж у гомозиготі.

Взаємодія неалельних генів

Комплементарність. Ознака виявляється, якщо у двох неалельних локусах одночасно присутні певні домінантні алелі.

Супресія (епістаз і криптомерія). Проявлення гена пригнічується присутністю певного алеля в іншому локусі. Якщо ген-супресор домінантний, явище називають епістазом, якщо рецесивний — криптомерією.

Модифікація. Гени-модифікатори модифікують дію інших генів, самі при цьому не виявляючись. Модифікатори підсилюють або послаблюють дію інших генів і таким чином визначають межі норми реакції для ознаки. Використання модифікаторів і закріплення їх у результаті штучного добору — один із методів селекції.

Множинний алелізм

Множинний алелізм — явище детермінації ознаки, за якої ген має більше ніж два алельні стани. З усіх можливих алелів тільки два можуть міститися у відповідних локусах гомологічних хромосом. Наприклад, успадкування групи крові у людей контролюється трьома алелями.

Плейотропія

Плейотропія — явище детермінації двох і більше ознак однією парою генів. Прикладом плейотропії може бути синдром Марфана, за якого мутація одного гена призводить до дефекту кришталика і розвитку ненормально довгих «павучих» пальців.

Полігенне (полімерне) успадкування

Якщо проявлення ознаки визначається однією парою генів, такий спосіб генетичної детермінації називають моногенним. Часто проявлення ознаки визначається дією декількох алелів. У цьому випадку спосіб генетичної детермінації ознаки називають полігенним.

Полігенно успадковується колір шкіри у людини. У дуже темношкірих людей у всіх хромосомних локусах, які визначають колір шкіри, містяться алелі, що забезпечують синтез темного пігменту меланіну; у світлошкірих людей у багатьох локусах містяться алелі, які не кодують необхідні для синтезу меланіну ферменти. Що більше людина має генів, які відповідають за синтез меланіну, то більше утворюється пігменту, то темніший колір має шкіра.

Зчеплене успадкування

Гени, які містяться в одній хромосомі, називають зчепленими. Вони успадковуються спільно і не розщеплюються згідно із законами Менделя.

Американський учений Т. Морган проводив експерименти Менделя не на рослинному об'єкті, а на плодовій мушці дрозофілі.

Морган проводив дигібридне аналізуюче схрещування. Він схрестив мух із сірим тілом і довгими крилами (AABB) з мухами з чорним тілом і короткими крилами (aabb). У F1, згідно з першим законом Менделя, спостерігалася одноманітність гібридів першого покоління (AaBb).

Далі Морган провів аналізуюче схрещування гетерозиготних сірих довгокрилих мух із чорними короткокрилими: AaBb x aabb.

Згідно із законами Менделя у першому поколінні внаслідок аналізуючого схрещування має відбуватися розщеплення 1 : 1. Якщо гени забарвлення тіла та довжини крил містяться в різних хромосомах, то вони успадковуватимуться незалежно, тобто в другому поколінні з'являться такі фенотипи:

- 25 % — сірі довгокрилі;
- 25 % — сірі короткокрилі;
- 25 % — чорні довгокрилі;
- 25 % — чорні короткокрилі.

Якщо ж ці гени містяться в одній хромосомі, то вони успадковуватимуться разом. У цьому випадку в поколінні F2 має бути порівну сірих довгокрилих і чорних короткокрилих мушок:

- 50 % — сірі довгокрилі;
- 50 % — чорні короткокрилі.

Проте в жодному зі схрещувань не вийшло очікуваної картини. Щоразу результати були такими:

- 41,5 % — сірі довгокрилі;
- 41,5 % — чорні короткокрилі;
- 8,5 % — сірі короткокрилі;
- 8,5 % — чорні довгокрилі.

Морган припустив, що два гени, які вивчаються, зчеплені, а поява несподіваних фенотипів пояснюється тим, що хромосоми під час мейозу можуть так тісно зближуватися (кон'югувати), що між ними відбувається перехрещення та обмін ділянками — кросинговер.

Імовірність кросинговеру залежить від розташування генів у хромосомі: що далі вони стоять один від одного, то частіше відбувається кросинговер. Відстань між зчепленими генами виражають у відсотках або морганідах, її числове значення дорівнює відсотку кросоверних особин серед нащадків. Якщо ця відстань більша за 50 %, то ймовірність кросинговеру така велика, що гени успадковуються як незчеплені.

Таким чином:

— зчеплене успадкування спостерігається під час розподілу у нащадків неалельних генів, які містяться в одній хромосомі;

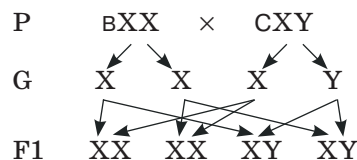
— якщо гени містяться в одній хромосомі, вони успадковуються разом, утворюючи групу зчеплення;

— група зчеплення порушується в результаті кросинговеру (перехрещення, обміну ділянками між гомологічними хромосомами), який відбувається під час зближення у профазі першого поділу мейозу;

— відсоток кросинговеру прямо пропорційний відстані між генами в хромосомі.

Успадкування, зчеплене зі статтю

Хромосоми поділяються на два основні типи: аутосоми, однакові у самців і самок, і статеві хромосоми, які відрізняються у різностатевих особин. У ссавців чоловіча стать гетерогаметна (утворює два типи гамет, які несуть X- і Y-хромосоми), а жіноча — гомогаметна (утворює один тип гамет, що несуть тільки X-хромосоми). Стать організму визначається в момент запліднення й обумовлена хромосомним набором зиготи.



На ранніх стадіях зародкового розвитку у самки ссавця функціонують обидві X-хромосоми. Проте пізніше в усіх клітинах (окрім тих, з яких розвиватимуться яєчники і яйцеклітини) одна з двох X-хромосом інактивується і залишається в клітині в конденсованому вигляді. Під мікроскопом її легко розрізнити через особливу структуру, названу тільцем Барра або статевим хроматином. Тільця Барра слугують зручним маркером для розпізнавання жіночої статі клітин ссавців.

Ознаки, гени яких містяться в статевих хромосомах, називають зчепленими зі статтю. Оскільки X- і Y-хромосоми негомологічні, то в гетерогаметному організмі всі гени статевих хромосом представлені тільки одним алелем. Такий стан гена називається гемізиготним, у цьому випадку ген обов'язково виявиться у фенотипі.

Цитоплазматична спадковість

Цитоплазматична спадковість — спосіб передачі генетичної інформації за допомогою структурних елементів цитоплазми. Явище цитоплазматичної спадковості було відкрито в 1908 р. К. Корренсом. Пізніше це явище було виявлене в багатьох інших видів рослин і тварин. Воно полягає в тому, що спадкова інформація може передаватися не тільки через хромосоми, що містяться в ядрі, але й через цитоплазму. У клітинах еукаріот є органели, що містять власну ДНК, — мітохондрії та хлоропласти. Ця ДНК, так само як і ядерна ДНК, зумовлює формування ознак організму. Цитоплазматична спадковість має материнський характер — успадковуються і виявляють себе тільки гени, що містяться в цитоплазмі яйцеклітини.

Мінливість

Мінливість — властивість живих організмів існувати в різних формах. Мінливість поділяють на спадкову (генотипну) і неспадкову (модифікаційну). Модифікаційна мінливість виникає під впливом зовнішнього середовища. Спадкова мінливість пов'язана зі зміною генетичного матеріалу.

Неспадкова (модифікаційна) мінливість

Мінливість, не пов'язана зі зміною генотипу, називається модифікаційною. Наприклад, удої молока залежать від кормів. У горностаєвих кроликів біла шерсть виростає у разі підвищення температури, чорна — у разі пониження. Зміни фенотипу, які не успадковуються, називаються модифікаціями. Спектр модифікацій обмежений нормою реакції, яка відбиває генетичні межі модифікаційної мінливості. Наприклад, усе листя на одному дереві має один і той самий генотип, але його розміри варіюють у певних межах залежно від освітленості. Різні ознаки різною мірою модифікуються під впливом умов середовища. Наприклад, група крові не залежить від зовнішнього середовища, тоді як пігментація шкіри пов'язана з дією ультрафіолетового випромінювання.

Модифікаційні зміни мають пристосувальний характер. Завдяки широкій нормі реакції збільшується ймовірність виживання організмів у змінних умовах існування.

У межах норми реакції модифікації ознаки утворюють безперервний ряд поступових змін — від мінімальних до максимальних, які групуються навколо деяких середніх значень. Якщо різні стани (варіації) ознаки упорядкувати за збільшенням або зменшенням, вони утворюють варіаційний ряд. Найчастіше зустрічаються середні варіанти ознаки; що більше варіант відхиляється від

середнього значення, то рідше він зустрічається. Варіаційний ряд не можна побудувати за ознаками, які не вимірюються (запах), або за ознаками, що існують у двох варіантах (білий, чорний).

Спадкова (генотипна) мінливість

Спадкова мінливість визначається генотипом і зберігається у ряді поколінь. Спадкову мінливість прийнято поділяти на мутаційну та комбінативну.

Мутаційна мінливість. Мутації — це якісні та структурні зміни генетичного матеріалу, які передаються з покоління в покоління. Мутації мають неспрямований характер і виникають випадково — будь-який ген може мутувати в будь-який момент. Частота виникнення мутацій у різних організмів різна, але пов'язана з тривалістю життєвого циклу: в особин з коротким життєвим циклом вона вища.

Типи мутацій за ступенем впливу на життєздатність:

- 1) корисні (підвищують життєздатність);
- 2) нейтральні (не знижують життєздатності);
- 3) шкідливі (знижують життєздатність): летальні (спричиняють загибель 100 % носіїв мутації); напівлетальні (спричиняють загибель 50—90 % носіїв); сублетальні (загибель 10—50 % носіїв).

Типи мутацій за характером змін у структурі спадкового матеріалу.

1) Генні (точкові) мутації.

Зміни нуклеотидної послідовності ДНК унаслідок помилок реплікації. У результаті таких мутацій змінюється амінокислотна послідовність кодованого геном білка і, як наслідок, змінюються його властивості. Прикладом є мутація, що викликає серповидноклітинну анемію. Зміна будови та властивостей еритроцитів при цьому викликана заміною лише однієї амінокислоти у складі молекули гемоглобіну.

2) Хромосомні мутації.

Зміни в структурі хромосом. Розрізняють такі типи хромосомних мутацій: делеції (втрати) гена (його фрагмента або групи генів); дуплікації — подвоєння якої-небудь ділянки хромосоми; інверсії — поворот фрагмента хромосоми на 180°; у результаті такої мутації кросинговер у відповідному районі хромосоми стає неможливим, що призводить до значних відхилень мейозу; транслокації — перенесення фрагмента ДНК на нове місце. Інтрахромосомні транслокації здійснюються в межах однієї хромосоми, а екстрахромосомні — з однієї хромосоми в іншу; перенесення фрагмента може бути одностороннім або взаємним.

3) Геномні мутації.

Зміна числа хромосом: поліплоїдія — кратне збільшення хромосомного набору; анеуплоїдія —

зміна числа хромосом в одній або декількох парах (наприклад трисомія за 21-ю парою хромосом, що викликає синдром Дауна).

Розрізняють фізичні (іонізуюче випромінювання, ультрафіолет), хімічні (азотистий іприт, етиленаміди, нітрофурані) та біологічні (віруси) мутагенні чинники. Мутагени універсальні, тобто вони можуть викликати мутації у будь-якого біологічного виду. Дія мутагенних чинників неспрямована, один і той самий чинник, діючи з однаковою силою на генетично ідентичні організми (наприклад однояйцеві близнята), може викликати у них різні зміни, і навпаки, різні мутагени можуть викликати у різних видів однакові мутації.

Основні положення мутаційної теорії:

- 1) мутації — дискретні зміни генетичного матеріалу;
- 2) мутації — рідкісні випадки;
- 3) мутації стійко передаються з покоління в покоління;
- 4) мутації виникають неспрямовано і можуть бути шкідливими, нейтральними та корисними.

Мутаційна мінливість — явище, спільне для організмів різного рівня організації. М. І. Вавилов сформулював закон гомологічних рядів спадкової мінливості: зміни ознаки, які зустрічаються в організмів одних видів, можуть бути виявлені в інших, близьких за походженням видів. Закон гомологічних рядів дає можливість передбачити характер мінливості у споріднених видів, що полегшує пошуки матеріалу для селекції.

Комбінативна мінливість. Мінливість, яка виникає в результаті рекомбінації генів, називається комбінативною.

Джерела комбінативної мінливості:

- 1) кросинговер;
- 2) незалежне розходження хромосом у мейозі;
- 3) випадкова зустріч гамет під час запліднення.

Усі три джерела комбінативної мінливості діють одночасно та незалежно одне від одного.

Прикладом комбінативної мінливості може бути поява нащадків з новими, нетиповими для батьків комбінаціями ознак, як у дослідах Менделя з горохом (насіння жовтого кольору зі зморшкуватою поверхнею і насіння зеленого кольору з гладенькою поверхнею) і Моргана — з дрозофілами (сіре тіло й короткі крила, чорне тіло та довгі крила).

Генетика популяцій.

Закон Харді — Вайнберга

У 1908 р. незалежно один від одного англійський математик Дж. Харді та німецький лікар В. Вайнберг сформулювали закон: за відсутності чинників, що змінюють концентрації алелів

у популяції, співвідношення частот алелів і частот генотипів зберігаються в подальших поколіннях. Якщо ж співвідношення частот алелів виводиться з рівноваги, а потім тимчасова дія, яка викликала цю зміну, припиняється, популяція переходить на новий рівноважний рівень.

Рівноважні частоти генотипів задаються добутками частот відповідних алелів. Якщо є два алелі А і а, то частоти можливих генотипів описуються рівнянням

$$(p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2 = 1,$$

$$A \quad a \quad AA \quad Aa \quad aa$$

де p — частота алеля А, q — частота алеля а.

Закон Харді — Вайнберга справедливий за відсутності чинників, що міняють концентрації алелів, — добору, міграцій, мутацій, дрейфу генів.

Основи селекції

селекція розробляє теорію та методи створення й удосконалення сортів рослин, порід тварин і штамів корисних мікроорганізмів.

Породою тварин і сортом рослин називають групу організмів, штучно виведених людиною, що характеризується спадково закріпленими морфологічними та фізіологічними особливостями. Штам — це група мікроорганізмів, що є нащадками однієї клітини (особини).

Історія селекції

Розвитку селекції передував процес одомашнення диких тварин, що почався понад 10 тис. років тому, коли людина відбирала з дикої природи організми на основі їх здатності жити в неволі. Згодом з їхнього потомства відбиралися особини, що мали виражені корисні для людини ознаки. На зміну одомашненню прийшов штучний добір за продуктивністю і функціями відтворення, стійкістю до екстремальних чинників середовища, хвороб тощо. Масовий штучний добір проводився за фенотипними ознаками в популяціях рослин і тварин.

Існують дані, що окультурення рослин почалося близько 20 тис. років тому. Більшість видів культурних рослин і свійських тварин мають географічні центри походження.

Основні центри походження культурних рослин були встановлені М. І. Вавиловим у 20—30-х рр. ХХ ст.

Південноазіатський тропічний (Індія, Індокитай, Південний Китай, острови Південно-Східної Азії): батьківщина рису, цукрової тростини, огірків, бананів.

Східноазіатський (Центральний і Східний Китай, Японія, Корея, Тайвань): батьківщина сої, гречки, редьки, яблуні, груші, сливи, шовковиці, проса.

Південно-Західноазіатський (Мала та Середня Азія, Кавказ, Близький Схід, Північно-Західна Індія, Західний Китай): батьківщина гороху, сочевиці, жита, ячменю, вівса, моркви, цибулі, бавовнику, льону, винограду, абрикоса, мигдалю, волоського горіха, цитрусових.

Середземноморський: батьківщина цукрового буряку, капусти, маслин, конюшини, люпину.

Абіссінський (Північно-Східна Африка, Абіссінське нагір'я, Аравійський півострів): батьківщина твердої пшениці, сорго, кави.

Центральноамериканський: батьківщина кукурудзи, червоного перцю, квасолі, гарбуза, тютюну, какао.

Південноамериканський (Андійський): батьківщина картоплі, томатів, арахісу, ананаса.

Методи селекції

Гетерозис. Явище гетерозису полягає у вищій життєздатності та продуктивності гібридів першого покоління порівняно зі схрещуваними батьківськими формами. Саме відкриття гетерозису визначило нову категорію селекції — створення високопродуктивних тварин і рослин.

Поліплоїдія. Багато рослин-поліплоїдів відзначаються підвищеною продуктивністю і стійкістю до умов середовища. Так, тверда пшениця, що обробляється сьогодні на полях усього світу, становить собою тетраплоїд (геном представлений 28 хромосомами замість семи, як у дикорослого предка). Збільшення кратності набору хромосом також дозволяє подолати стерильність у міжвидових гібридів.

Віддалена гібридизація тісно пов'язана з поліплоїдією, оскільки одержані гібриди несуть у собі хромосоми батьківських особин, що належать до різних видів або навіть родів, і поєднують їхні цінні ознаки.

Клітинна інженерія

Це культивування та гібридизація соматичних клітин на спеціалізованих поживних середовищах.

Одним із напрямів клітинної інженерії є клонування. Клоном називають особину або сукупність клітин, отриману від вихідного організму нестатевим шляхом. Оскільки соматичні клітини містять усю необхідну для життя генетичну інформацію, це дає можливість отримувати від цінних за своїми якостями особин необмежену кількість нащадків і може вирішити проблему донорських органів.

Експериментальний мутагенез

Сорти рослин і штами мікроорганізмів виводяться під дією фізичних і хімічних мутагенів. Таким методом був виведений високопродуктивний сорт пшениці «Новосибірська-67», і мікроорганізми, що продукують певні ферменти.

Генна інженерія

Це штучне перенесення генів від одного виду живих організмів до іншого (трансгенез). Одним із найефективніших способів трансгенезу є перенесення генів за допомогою вірусів, оскільки віруси мають природні механізми проникнення й активації генів, що привносяться в клітину.

Основні етапи трансгенезу включають:

- виділення з клітин тих генів, які намічені для перенесення;
- створення спеціальних генетичних конструкцій — векторів, які складаються з гена, що переноситься, і його промотора;
- впровадження генетичного вектора в клітинну-мішень, а потім в її геном;
- культивування генетично модифікованих клітин.

Генна інженерія вже багато що дала людству, наприклад дозволила отримувати велику кількість інсуліну, життєво необхідного для хворих на цукровий діабет.

СИСТЕМА ОРГАНІЧНОГО СВІТУ

Дотепер описано понад 1,5 млн видів тварин, 0,3 млн видів рослин, близько 100 тис. видів грибів. За оцінками фахівців кількість видів, що живуть на Землі, може перевищувати 10 млн. Для збереження інформації про таку величезну різноманітність живі організми класифікують — об'єднують у групи, керуючись певними критеріями. Цим займається систематика — наука, яка вивчає й описує живі організми та встановлює родинні відношення між ними. Основне завдання сучасної систематики — збудувати природну систему органічного світу, тобто об'єднати філогенетично споріднені групи організмів на підставі еволюційної спорідненості особин, яка встановлюється за даними палеонтології, генетики, біохімії та інших наук.

Структурними одиницями системи є таксони. Для класифікації тварин використовуються такі основні таксони: вид, рід, родина, ряд, клас, тип. Для класифікації рослин — вид, рід, родина, порядок, клас, відділ. Усі таксони утворюють ієрархічну систему — кожний таксон включає таксон нижчого порядку: тип — класи, клас — ряди тощо. Вищим систематичним таксоном у системі живого світу вважається царство. Іноді вживається категорія надцарство. У цьому випадку всі живі організми групують у надцарство Прокаріоти та надцарство Еукаріоти. Прокаріоти представлені царством Дроб'янки, до якого належать бактерії та синьо-зелені водорості, що не мають клітинного ядра. До надцарства Еукаріотів належать царства Рослини, Тварини, Гриби.

У біології застосовується бінарна номенклатура виду, розроблена К. Ліннеєм. За правилами бінарної номенклатури кожний вид має назву латинською мовою, що включає родову та видову назви.

ВІРУСИ

Віруси — неклітинні форми життя, які становлять автономні генетичні системи, нездатні до самостійного існування поза організмом або клітиною хазяїна, тобто є облігатними внутрішньоклітинними паразитами. Віруси займають прикордонне положення між живою та неживою матерією. Основні риси, що відрізняють віруси від живих організмів:

- відсутність клітинної будови;
- відсутність власної білоксинтезуючої системи;

- геном вірусів може бути представлений не лише ДНК, але й РНК;
 - деякі віруси можуть формувати всередині клітини кристали.
- Водночас, як і всі живі об'єкти, віруси здатні:
- до розмноження;
 - успадкування ознак;
 - генотипної та фенотипної мінливості;
 - до адаптації щодо умов навколишнього середовища.

Будова вірусів

Зрілі вірусні частинки (віріони) складаються з нуклеїнової кислоти, яка оточена білковою або ліпопротеїновою (білок у комплексі з ліпідами) оболонкою.

До складу вірусів входить один із двох видів нуклеїнової кислоти — ДНК або РНК; білки зв'язуються з нуклеїновою кислотою, утворюючи чохол — капсид. Багато вірусів мають ще одну оболонку, розташовану зовні капсида, — пеплос. Пеплос складається з високомолекулярних білків, організованих у вирости — пепломери, які слугують для розпізнавання клітин-мішеней. Крім білків до складу пеплоса входять ліпіди та вуглеводи. Білки капсида і пеплоса виконують такі функції:

- 1) стабілізують і захищають нуклеїнову кислоту;
- 2) є ферментами, що беруть участь у відтворенні вірусної частинки;
- 3) розпізнають відповідну клітину-мішень.

Розмноження вірусів

Розмноження вірусів включає декілька етапів:

- 1) розпізнавання клітини-мішені та прикріплення до неї;
- 2) проникнення в клітину;
- 3) збирання вірусних частинок;
- 4) вихід із клітини.

Збирання вірусів відбувається різними способами. У вірусів, які мають пеплос, нуклеїнова кислота транспортується до плазматичної мембрани й огортається її фрагментом. Далі такі віруси відбруньковуються, не порушуючи цілості мембрани. Якщо вірус не має пеплоса, його вихід із клітини супроводжується пошкодженням плазмалеми.

Типи вірусних інфекцій

За характером і часом перебігу виділяють чотири типи вірусних інфекцій.

- 1) Гострі інфекції характеризуються швидким перебігом захворювання (грип, віспа, кір), що зумовлено високим рівнем продуктивності вірусу.
- 2) Латентні інфекції (герпес) характеризуються наявністю латентного (прихованого) періоду, протягом якого вірус перебуває у стані провірусу.
- 3) Хронічні інфекції (вірусний кон'юнктивіт) характеризуються постійною присутністю вірусу в клітинах організму в малій кількості.
- 4) Повільні інфекції, за яких латентний період триває багато років (до 10 років — СНІД).

ЦАРСТВО ДРОБ'ЯНКИ

До царства Дроб'янки належать Бактерії та Ціанобактерії (синьозелені водорості). Представники цих відділів є прокаріотами — організмами, що не мають чітко диференційованого клітинного ядра. На відміну від них еукаріоти мають морфологічно оформлене ядро, відокремлене від цитоплазми мембраною. Існує ряд фундаментальних відмінностей у будові між клітинами про- та еукаріотів. Прокаріотична клітина має тільки одну внутрішню порожнину, оточену клітинною мембраною, відсутні мітохондрії, хлоропласти, ендоплазматична сітка, лізосоми, мікротільця та клітинний центр. Генوم представлений нуклеоїдом — молекулою ДНК, замкнutoю в кільце.

Бактерії

Будова

За зовнішнім виглядом бактерії поділяють на такі групи.

Кокки — бактерії сферичної форми.

Бацили — бактерії паличкоподібної циліндричної форми.

Вібріони — бактерії, що мають форму ком.

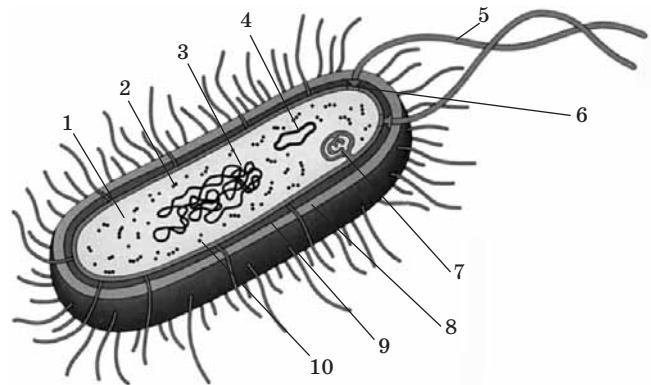
Спірили та спірохети — бактерії, що мають форму спіралей.

Розміри бактеріальних клітин коливаються від 0,12 до 500 мкм. Зовні клітини покриті щільною оболонкою, на яку припадає до 50 % маси сухої речовини, основним компонентом якої є глікопротеїд муреїн.

У багатьох бактерій є джгутики, призначені для руху в рідкому середовищі, які, проте, за

будовою відрізняються від джгутиків еукаріотів. Клітинна мембрана бактерій утворює місцеві увігнутості (інвагінації) та складки, які беруть участь у процесах фотосинтезу, утворення клітинної оболонки, реплікації ДНК, поділу клітини, метаболізму. Найглибші інвагінації плазмалеми дістали назву мезосоми. Для фототрофних бактерій характерна наявність немембранних органел, що беруть участь у процесах фотосинтезу, — хлоросом, фікобілісом і карбоксисом. Оскільки бактерії не мають внутрішньоклітинних порожнин, органелів захоплення та перетравлювання їжі, травлення у бактерій відбувається поза клітиною. Травні ферменти виділяються назовні клітини, а органічні речовини всмоктуються всією поверхнею клітинної мембрани.

Крім кільцевої хромосоми (нуклеоїду) бактеріальна клітина містить ще особливі кільцеві молекули ДНК — плазмідиди. Плазмідиди здатні ділитися самостійно, незалежно від нуклеоїду, і мають велике значення для формування пристосувальних якостей.



Будова бактеріальної клітини:

1 — цитоплазма, 2 — рибосома, 3 — нуклеоїд, 4 — плазмідид, 5 — джгутик, 6 — основа джгутика, 7 — мезосома, 8 — слизова капсула, 9 — клітинна стінка, 10 — плазматична мембрана

Обмін речовин

За способом живлення бактерії поділяються на авто- і гетеротрофів. Гетеротрофи поділяються на сапрофітів і паразитів (облігатних і факультативних), а автотрофи — на фототрофів і хемотрофів. Хемосинтетичні бактерії (хемотрофи) використовують для синтезу органічних речовин енергію, що добувається внаслідок окиснення органічних і неорганічних сполук (H_2S , NH_3 , NO_2 , CO , H_2 та ін.).

За способом дихання (окиснення органічних речовин) бактерії поділяються на аеробні й анаеробні. Безкисневе окиснення називається бродінням і відбувається у дві стадії. Найчастіше для цього використовується глюкоза.

Утворення спор

Для багатьох паличкоподібних, зрідка сферичних, бактерій характерне утворення спор,

яке відбувається, коли умови зовнішнього середовища стають несприятливими для нормального перебігу процесів життєдіяльності. Одна бактерія здатна утворити лише одну спору, тому спороутворення у бактерій є не актом розмноження, а способом пережити несприятливий період. Спори, що утворюються бактеріями, називаються ендоспорами, оскільки утворюються під клітинною мембраною з відокремленого фрагмента цитоплазми.

Розмноження

Основний спосіб розмноження бактерій — нестатевий. Оскільки бактерії є гаплоїдними організмами, то в них не зустрічається мейотичного поділу. Основними джерелами мінливості є мутації, кон'югація і трансдукція. Під час кон'югації здійснюється одностороннє перенесення частини генетичного матеріалу з клітини донора (батьківської) в клітину реципієнта (материнську). Трансдукція полягає в односторонньому перенесенні молекули ДНК або її фрагмента з клітини донора в клітину реципієнта за допомогою бактеріофагу.

Значення в природі та житті людини.

Завдяки діяльності мікроорганізмів перебігають процеси деструкції та розкладу. Представники родів *Rizobium*, *Azotobacter* і *Bradyrhizobium* є ґрунтовими і бульбочковими бактеріями, здатними фіксувати молекулярний азот повітря.

Слід також показати шкоду, яка завдається бактеріями. Насамперед це патогенний вплив на здоров'я людини та тварин. Спірохети — збудники таких захворювань, як *Treponema pallidum* — сифіліс, *N. meningitidis* — менінгіт, *Salmonella typhi* — черевний тиф, *Vibrio cholerae* — холера, *Haemophilus influenzae* — ангіна, *Rickettsia prowazekii* — висипний тиф, *Mycobacterium tuberculosis* — туберкульоз. Бактерія *Escherichia coli* живе в кишечнику людини та багатьох тварин, беручи участь у процесах травлення.

Ціанобактерії (синьозелені водорості)

Одноклітинні, колоніальні та багатоклітинні (нитчасті) організми, що включають близько 1000 видів. Містять хлорофіл а, каротиноїди та фікобіліни, характерні для рослин. Розмножуються поділом, спорами та фрагментами ниток. Живуть у воді та на суходолі, входять до складу ґрунтових угруповань, планктону й бентосу, живуть у несприятливих умовах полюсів, високогір'я та гарячих джерел з температурою до 80 °С. Часто вступають у симбіотичні зв'язки з іншими організмами. Деякі використовуються людиною в їжу (носток і спіруліна).

ЦАРСТВО РОСЛИНИ

Тканини рослинного організму

Тканини — стійкі комплекси клітин, подібні за походженням, будовою та пристосовані до виконання однієї або декількох однакових функцій. У рослинному організмі розрізняють такі типи тканин.

Твірні тканини (меристеми) складаються з дрібних молодих клітин, здатних багаторазово ділитися. У результаті диференціації клітин меристем утворюються інші тканини. За розташуванням у тілі рослини меристеми поділяють на верхівкові (апикальні), бічні (латеральні), вставні (інтеркалярні) і раневі (травматичні).

Покривні тканини забезпечують захист від негативних впливів навколишнього середовища (механічне пошкодження, дія хімічних і біологічних агентів) і регуляцію процесів обміну із зовнішнім середовищем. Епідерма — покривна тканина, що складається з одного шару живих клітин, головною функцією якої — регуляція газообміну та транспірація. Вона часто покрита щільним нальотом — кутикулою, яка залежно від вологості змінює свою проникність для рідин і газів. Епідерма здатна утворювати вирости різноманітної форми — трихоми, що виконують захисну функцію. Трихоми формують покрив, що відбиває частину сонячних променів, зменшує нагрів і знижує транспірацію. Перидерма — багат шарова покривна тканина, що складається з шару меристемних клітин з потовщеними восковими стінками, які перешкоджають проникненню або втраті води. Корок — тканина, яка утворюється в результаті багаторазового закладання нових прошарків перидерми, що захищає рослину від механічних ушкоджень, різкої зміни температур, поїдання тваринами.

Механічні тканини виконують функцію скелета. Особливістю будови клітин є міцна потовщена оболонка. Механічні тканини поділяються на два типи. Коленхімні — живі, з неоднаково потовщеними стінками, які здатні до росту і виконують функцію тільки в стані тургору. Склеренхімні — з рівномірно потовщеними стінками, що виконують функцію після відмирання клітини.

Провідні тканини забезпечують транспорт речовин між надземними та підземними частинами рослини, а також здійснюють взаємозв'язок між усіма частинами рослини. Флоема забезпечує низхідний потік речовин від листків до кореня. Ксилема здійснює транспорт води та розчинених у ній речовин від кореня до надземних частин рослини. Як правило, флоема і ксилема розташовані поряд і становлять складний комплекс провідних

і механічних елементів, які утворюють провідні пучки. Провідними елементами ксилеми є трахеїди та судини, які являють собою перфоровані оболонки клітин з відмерлим протопластом. Провідним елементом флоєми є ситоподібні трубки з клітинами-супутницями. Транспорт по флоємі здійснюється за рахунок ситоподібних трубок, які представлені без'ядерними живими клітинами; клітини-супутниці мають ядро та підтримують життєдіяльність ситоподібних трубок. Провідні пучки розділяють на відкриті, в яких флоєма та ксилема розділені твірною тканиною — камбієм, і закриті, в яких камбій відсутній.

Асиміляційні тканини здійснюють фотосинтез. Вони складаються з однорідних паренхімних клітин. Іноді називаються хлоренхіма.

Запасаючі тканини накопичують запасні речовини. До цього здатні всі клітини, але тільки тоді, коли запасаюча функція виходить на перше місце, тканину називають запасаючою.

Органи рослин

Органи рослин поділяють на вегетативні та генеративні. До вегетативних органів відносять корінь, стебло, листок і бруньку, до генеративних — квітку. Квітка є генеративним органом покритонасінних рослин, у спорових це спорангій, у голонасінних — шишка.

Пагін є основним надземним органом вищих рослин. Він складається з осової частини — стебла і розташованих на ньому листків і бруньок.

Листки є основними бічними вегетативними органами, розташованими на стеблі в певному порядку. Ділянка стебла, від якої відходить один або декілька листків, називається вузлом, ділянка стебла між двома сусідніми вузлами — міжвузля.

Брунька являє собою зачатковий пагін. Розрізняють вегетативні, генеративні та вегетативно-генеративні бруньки. Вегетативні бруньки складаються із зачаткового стебла та зачаткових листків, із них виростає стебло з листками та бруньками. Генеративні бруньки мають зачаток суцвіття без зелених асимілюючих листків або поодинокую квітку — бутон. Вегетативно-генеративні бруньки містять зачатки суцвіття (квітки) та листків.

Бруньки розміщені на стеблі в певній послідовності й забезпечують тривале наростання і галуження пагона. Наростання пагона забезпечується верхівковими бруньками, розташованими на верхівці пагона. Галуження або утворення суцвіття відбувається за рахунок пазушних бруньок, розташованих над вузлами в пазухах листків. Зовнішні листки бруньок утворюють луски, що запобігають висиханню та механічному впливу. Бруньки, захищені лусками, називаються закритими, незахищені — відкритими. У середині бруньки розташована твирна тканина — апікальна меристема, активний поділ клітин якої забезпечує формування органів і тканин пагона.

Додаткові бруньки — бруньки, що утворюються на дорослих частинах пагона (стеблі, листку, додаткових коренях) з внутрішніх тканин без певної послідовності розташування.

Перетворення бруньки на пагін починається з розростання зачаткових листків і видовження міжвузлів. На місці зовнішніх лусок на поверхні пагона часто залишаються рубці — брунькові кільця, що позначають межі річних приростів. У разі інтенсивного росту міжвузлів утворюється подовжений пагін, у разі загальмованого — укорочений. Укорочені пагони трав називають розетковими. У міру росту пагона брунька на його верхівці продовжує утворювати нові зачаткові листки, у пазухах яких закладаються нові зачаткові бруньки. У разі пошкодження або знищення верхівкової бруньки ріст пагона в довжину припиняється (він може тільки трохи продовжуватися за рахунок розтягування міжвузлів).

У помірній зоні ріст рослин має періодичний сезонний характер. Час, що характеризується сприятливим для росту пагону кліматом, називається вегетаційним періодом. Пагони, що виростили з бруньки за один вегетаційний період, називають річними пагонами або річними приростами.

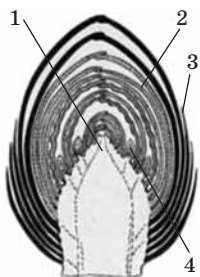
Стебло

Стебло виконує опорну функцію і здійснює взаємозв'язок різних частин рослини.

Основні типи стебел — прямостоячі, виткі, повзучі, чіпкі та розеткові.

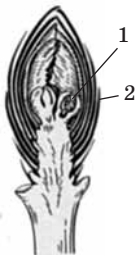
За ступенем галуження стебла рослини умовно поділяються на розгалужені, слабо розгалужені та дуже розгалужені. Відсутність або мала

Брунька



Будова вегетативної бруньки (дуб):

- 1 — апікальна меристема,
- 2 — зачатки листків,
- 3 — брунькові луски,
- 4 — зачаткові бруньки



Будова генеративної бруньки (вишня):

- 1 — зачаток квітки,
- 2 — брунькові луски

кількість бічних гілок характерна для стародавніх форм папоротей і голонасінних, поширених у тропічній, рідше субтропічній, зонах. Серед квіткових до таких рослин належать більшість пальм, драцени, юки, агави, алое, багато кактусів. Крона таких рослин формується не бічними пагонами, а великими листками.

Важливою характеристикою, що описує наростання пагонів, є система росту. У разі моноподіальної системи ріст рослини у висоту відбувається за рахунок верхівкової бруньки, розташованої на верхівці головного пагона — пагона першого порядку, і є результатом діяльності однієї й тієї ж меристеми, що самооновлюється. Бічні пагони з пазушних бруньок, що з'являються на осі першого порядку, називаються пагонами другого порядку, на пагонах другого порядку — пагонами третього порядку і т. д. Пагони другого, третього та подальших порядків також наростають моноподіально верхівковою брунькою. У голонасінних, за рідкісним винятком, моноподіальне наростання зберігається впродовж усього життя. Листяні дерева з віком часто втрачають моноподіальність. Моноподіальність більш притаманна травам, ніж деревам і кущам.

У дерев і кущів частіше спостерігається симподіальна система росту. Перші декілька років ріст рослини відбувається моноподіально — за рахунок верхівкової бруньки осі першого порядку. Потім верхівкова брунька відмирає, і формування головного вертикального стовбура продовжується за рахунок найближчої бічної бруньки. Відбувається перевершинення: один з бічних пагонів починає рости швидше за інші, стаючи пагоном заміщення, який приймає напрям росту головного пагона і стає його продовженням. Подальше перевершинення відбувається щорічно, так що стовбур таких рослин є не моноподієм, а симподієм — складовою віссю.

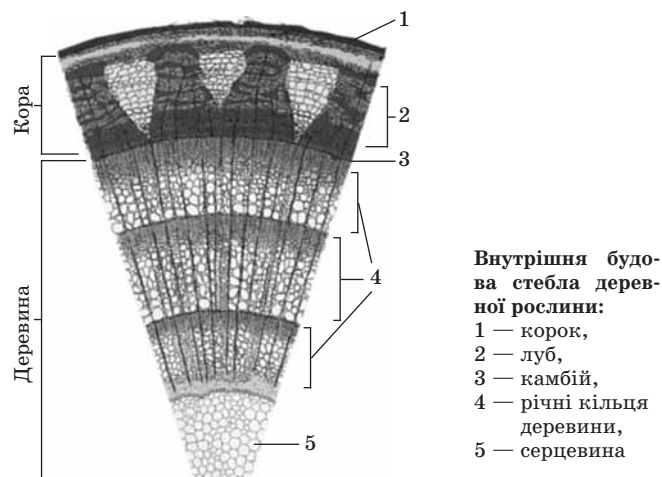
Внутрішня будова стебла

Стебло деревних рослин помірних широт має таку будову: центральна частина стебла зайнята деревиною, далі йде тонкий прошарок твірної тканини — камбій, зовні розташовується кора.

Основна маса деревини — це відмерлі клітини: судини та трахеїди, що виконують провідну функцію, і різні види склеренхімних (механічних) клітин. Також до складу деревини входять паренхімні клітини, їх особливо багато в центральній частині, де вони утворюють серцевину. Співвідношення клітин визначає фізико-механічні та хімічні властивості деревини.

Камбій є тонким прошарком бічної (латеральної) меристеми, у результаті поділу та диференціації клітин якої відбувається наростання стебла в товщину. У помірній зоні діяльність камбію залежить від сезонних змін клімату. Свою роботу камбій здійснює протягом вегетативного періоду, а взимку його діяльність припиняється. Річні

кільця на зрізі стовбура показують приріст за кожний вегетативний період. Товщина приросту залежить від умов середовища того чи іншого року.



Кора має два відділи — корок і луб. Луб прилягає до камбію, складається із ситоподібних елементів, паренхімних клітин і лубових волокон, які є механічною тканиною і виконують опорну функцію. Корок розташований зовні, утворюється в результаті багаторазового закладання прошарків перидерми та виконує захисну функцію. Наявність тріщин на поверхні корки пояснюється тим, що майже всі його клітини мертві й не здатні розтягуватися під час потовщення стебла.

Транспорт води і розчинених в ній речовин від коренів до листків здійснюється провідними елементами деревини (ксилеми), а транспорт продуктів асиміляції від листків до коренів — провідними елементами лубу (флоеми).

Утворюючи провідні пучки, флоема і ксилема завжди розподіляються в певному порядку щодо інших структур стебла. Ксилема відкладається всередину від камбію і входить до складу деревини, а флоема розташована зовні від камбію і входить до складу лубу.

Видозміни пагонів

Кореневище (ризомом) — довговічний підземний пагін, як правило, з горизонтальним напрямом росту. Виконує функцію оновлення, запасаючого, вегетативного розмноження. Зазвичай має чітко виражену метамерну будову, від кореня відрізняється наявністю вузлів, міжвузлів, бруньок, видозмінених лускоподібних листків. У міру наростання верхівки протилежний кінець поступово відмирає. У більшості випадків формує додаткові корені.

Підземні столони та бульби формуються з бруньок, що знаходяться на рівні ґрунту або в ґрунті. Бічні пагони, що ростуть з цих бруньок, — столони — розташовуються в ґрунті; до кінця вегетативного періоду в їхній верхівковій частині відкладаються запасні речовини й утворюється бульба. Поряд із бульбою формується

система додаткових коренів. Бульба являє собою видозмінений укорочений пагін, на його поверхні знаходяться бруньки, розташовані в пазухах лускових листків, — вічка. З вічок на початку наступного вегетативного періоду починають формуватися нові надземні пагони.

Надземні столони виконують функцію вегетативного розмноження і переселення. Коли столон досягає певної довжини, на його верхівці формується дочірня особина, що складається з додаткових коренів і укороченого розеткового пагона. Якщо столон позбавлений фотосинтезуючих листків і має довгі міжвузля, його називають вус.

Цибулина — орган вегетативного розмноження і відновлення, є підземним (зрідка надземним) пагоном з короткою уплощеною віссю і лускоподібними, м'ясистими, соковитими листками, які виконують захисну і запасаючу функції. З верхівкових і пазушних бруньок формуються надземні пагони, а з основи — додаткові корені.

Утворення колючок з листків, прилистків, пагонів або шпильок з виростів покривної тканини захищає рослину від поїдання тваринами та зменшує площу транспірації.

Корінь

Корінь — осьовий вегетативний орган рослини, що виконує функцію всмоктування води з ґрунту і фіксацію рослини, здатний невизначено довго рости в довжину завдяки діяльності апікальної меристеми. Основною відмінністю кореня від пагона є те, що на корені ніколи не утворюється листків.

Зони кореня

Кінчик кореня прикритий захисним утвором — кореневим чохлаком. Кореневий чохлак захищає нижні клітини меристеми зони поділу від механічного ушкодження частинками ґрунту під час росту. Він складається із живих клітин, які постійно злущуються і продукують слиз, який зволожує ґрунт і полегшує просування кореня. Утворення клітин чохлака забезпечується роботою апікальної меристеми. У клітинах центральної частини чохлака містяться крохмальні зерна, що виконують роль органа рівноваги та забезпечують позитивний геотропізм кореня.

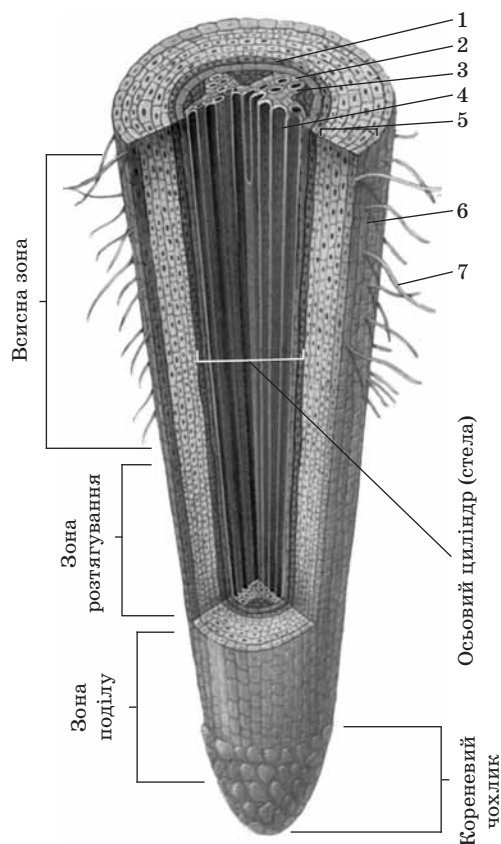
Під чохлаком розташовується зона поділу, товщина якої, як правило, не перевищує 1 мм. Ця зона складається із клітин апікальної меристеми, які діляться й утворюють усі інші клітини та тканини кореня.

Далі розташована зона розтягування. Поділ клітин у цій зоні майже припинений, вони дуже розтягуються в подовжньому напрямі за рахунок збільшення вакуолей.

На поверхні клітин у висній зоні утворюється безліч корневих волосків, які є виростами

клітин, проникають у ґрунт і виконують функцію всмоктування води. Тканина, на поверхні клітин якої є волоски, називається ризодермою.

Наступною йде провідна зона, позбавлена корневих волосків. Вона покрита щільною твірною тканиною, яка захищає корінь, — екзодермою.



Будова кореня:

1 — ендодерма, 2 — флоема, 3 — камбій, 4 — ксилема, 5 — екзодерма, 6 — ризодерма, 7 — кореневий волосок

Внутрішня будова кореня

На поперечному зрізі кореня розрізняють два шари — кору і стелу (осьовий, або центральний, циліндр).

Внутрішній шар кори називається ендодермою. Оболонки клітин ендодерми непроникні для розчинів, тому вода і розчинені в ній речовини можуть пройти в стелу тільки по протопластах. Зовнішній шар кори — екзодерма — представлений шаром клітин, розташованих між ризодермою та ендодермою. Вона виконує провідну функцію, а після відмирання ризодерми перетворюється на захисну покривну тканину.

Стела складається з твірної тканини, розташованої ззовні від провідних елементів флоєми та ксилеми. У голонасінних і дводольних рослин згодом між флоємою і ксилемою виникає камбій, а екзодерма відмирає і заміщається перидермою.

Види коренів

Головний корінь утворюється із зародкового корінця і є продовженням стебла. Бічні корені

виникають на головному (бічному, додатковому) корені вище за всисну зону, забезпечують галузження кореневої системи, збільшують всмоктувачу поверхню і міцність фіксації рослини в ґрунті. Додаткові корені дуже різноманітні. *Додаткові корені*, на відміну від бічних, можуть утворюватися на стеблі, а у рослин з повзучим стеблом або кореневищем — складати основу кореневої системи.

Кореневі системи поділяють на дві основні групи — стрижневу і мичкувату. Стрижнева коренева система характеризується добре розвиненим і помітним головним коренем. Мичкувата коренева система представлена численними додатковими коренями, головний корінь недорозвинений або відсутній. Зовнішні відмінності між мичкуватою і стрижневою системами можуть бути непомітні, якщо головний корінь не дуже розвинений або дуже розвинені бічні та додаткові корені.

Такий розподіл є вельми умовним. Кожна коренева система постійно зазнає структурних змін, які зумовлені зміною віку рослини, порою року, кліматом, морфологією надземної частини рослини тощо. Ці чинники істотно впливають на формування кореневої системи і можуть викликати відмінності навіть у двох представників одного й того ж виду.

Мінеральне живлення рослин

Потреби рослинного організму не обмежуються водою, світлом і вуглекислим газом. Окрім цього рослині для життя абсолютно необхідні мінеральні речовини, розчинені у воді. Без них рослина не може рости, функціонувати і плодоносити. До хімічних елементів, найбільш необхідних для рослин, належать: N, P, Mg, Cl, Ca, S. Нітроген входить до складу амінокислот; Фосфор — до складу нуклеїнових кислот; Магній — до складу хлорофілу; Хлор, Кальцій, Сульфур і багато інших елементів необхідні для підтримки життєдіяльності не тільки рослинних, але й будь-яких інших клітин. Рослини отримують мікроелементи з ґрунтового розчину. Особливої потреби рослинний організм зазнає в Нітрогені та Фосфорі, тому нестача цих елементів найбільше позначається на рості та розвитку рослини. У різних частинах земної кулі ґрунт має різний хімічний склад. Якщо ґрунт, на якому вирощуються культурні рослини, не містить достатньої кількості мінералів, вегетативна маса рослин і врожайність дуже знижуються. Тоді для відновлення врожайності в ґрунт необхідно внести добрива — речовини, що містять мінерали. Надмірна кількість добрив не використовується рослинами або накопичується в їхніх тканинах. Це може призвести до отруєння внаслідок використання таких рослин в їжу.

Дихання коренів

Коренева система, як і всі живі частини рослини, потребує кисню для здійснення окисних процесів. У рослин немає такої ефективної системи транспорту кисню, як у тварин, тому вони

мають потребу в достатній зовнішній аерації всіх частин організму. У помірно зволоженому та пухкому ґрунті достатньо повітря для забезпечення коренів киснем. У разі недостатньої аерації клітини кореневої системи гинуть, її функціонування порушується, що врешті-решт може призвести до загибелі всієї рослини. Нестача кисню найчастіше виникає через надмірну вологість ґрунту, що призводить до загнивання коренів.

Спеціалізація та метаморфози коренів

Мікориза — симбіотичний спосіб співіснування гриба та рослини, за якого гіфи гриба проникають у корінь рослини. Грибний компонент полегшує рослині споживання води з ґрунту і забезпечує її біологічно активними речовинами, стимулюючими обмінні процеси; від рослини гриб отримує поживні речовини.

Бактеріальні бульби — утвори, які виникають у результаті поселення в бічних коренях бактерій роду *Rhizobium*. Ці бактерії здатні засвоювати молекулярний азот повітря і постачати його рослинам; з кореня бактерії отримують речовини, необхідні для життєдіяльності.

Повітряні корені характерні для епіфітів (родини Ароїдні, Орхідні) — рослин, що живуть на верхівках дерев. Ці рослини не паразитують, а уловлюють воду з повітря. Ризодерма їхніх коренів має будову, що дозволяє вбирати туман або росу капілярним способом.

Дихальні корені характерні для деяких тропічних рослин, що живуть у заболоченій місцевості. Вони ростуть угору з ґрунту та забезпечують кореневу систему киснем через аеренхіму.

Листок

Листок — бічний вегетативний орган рослини, що здійснює функції живлення, дихання та транспірації. У насінних рослин листки мають обмежений ріст і нарастають основою, а не верхівкою. Листки закладаються у вигляді зовнішніх горбиків твірної тканини верхівкової меристеми бруньки.

Листкова пластинка

Основна частина листка називається листковою пластинкою. Частина листка, зчленована зі стеблом, називається основою листка, стеблоподібний перехід між листковою пластинкою і основою — черешком. Листки, які мають черешок, називаються черешковими, а ті, що не мають черешка, — сидячими. Іноді основа розростається, охоплюючи весь вузол і утворюючи трубку — піхву листка. На основі листка можуть утворюватися парні бічні вирости — прилистки, їхні форма, розміри та функції різні у різних рослин. Найчастіше прилистки розростаються раніше за листкову пластинку, утворюючи лускові захисні покриви пазушних бруньок. Якщо листкова пластинка

погано розвинена або відсутня, прилистки здійснюють фотосинтез за рахунок хлорофілу, що входить до їх складу.

Якщо листок містить одну пластинку, його називають простим, якщо на одному черешку утворюється декілька відокремлених пластинок, — складним. Загальна вісь складного листка, на якій розташовуються листочки, називається рахис. Листкова пластинка може бути цілісною або розчленованою. Листки з глибоким розчленуванням морфологічно дуже подібні до складних листків. Проте восени під час відмирання простий листок відмирає цілком, а складний — окремими листочками.

Жилкування

Однією з важливих описових ознак листка є характер жилкування. Дихотомічне жилкування є еволюційно першим і характерне для реліктових рослин, наприклад гінґо. У разі такого жилкування кожна жилка розбивається на дві рівноцінні між собою, ті у свою чергу теж на дві тощо.

Сітчасте жилкування характеризується наявністю головної центральної жилки, яка є продовженням провідного пучка стебла, а також жилок другого, третього і т. д. порядків. Таким чином формується густа сітка жилок, яка пронизує весь листок. Якщо центральна жилка одна і по її довжині в різні боки відходять жилки другого порядку, то жилкування називають перисто-сітчастим (береза, вишня). Якщо з верхівки провідного пучка в різні боки виходять декілька жилок, то таке жилкування називають пальчато-сітчастим (клен, гарбуз, кавун).

Паралельне і дугове жилкування виникло в ході еволюції останнім. Воно характерніше для однодольних рослин (лілія, конвалія, тюльпан, нарцис, цибуля, часник, злаки), але зрідка зустрічається у дводольних (подорожник).

Розташування листків на стеблі

У разі почергового листорозміщення в кожному вузлі міститься тільки один листок. За супротивного листорозміщення у вузлі міститься два листки. За мутовчастого листорозміщення у вузлі утворюється декілька листків — мутовка. На вкороченому пагоні листки утворюють розетку, у такому випадку вони розташовуються, як правило, по черзі.

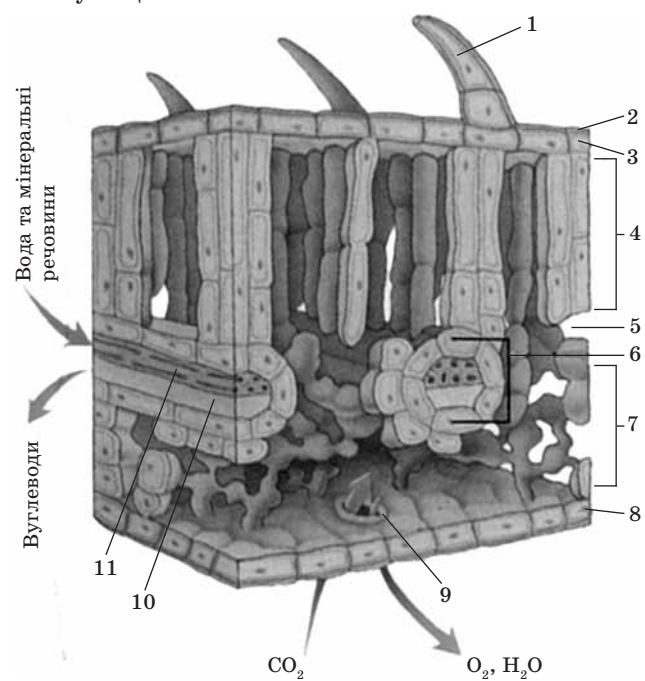
Внутрішня будова листка

Основною тканиною листка є мезофіл. Основу мезофілу складає асиміляційна тканина — хлоренхіма, у клітинах якої міститься велика кількість хлоропластів і відбувається фотосинтез. Решта тканин листка необхідна для забезпечення нормального функціонування мезофілу.

Клітини мезофілу мають, як правило, круглясту або злегка видовжену форму, оболонки цих клітин дуже тонкі та незадерев'янілі. Іноді

на поверхні клітин мезофілу утворюються складки та вирости, які збільшують об'єм цитоплазми, щоб вмістити більшу кількість хлоропластів.

Епідерма — покривна тканина поверхні листка. Її будова залежить від умов існування і виражається в товщині клітинних оболонок і кутикули, наявності різних типів трихом, кількості та розташуванні продихів. Як правило, продихи розташовані на нижньому, менш освітленому боці листка. Проте у рослин, листки яких плавають на поверхні води, продихи розташовуються на верхньому боці листка.



Будова листка:

- 1 — волосок, 2 — кутикула, 3 — верхня епідерма,
- 4 — стовпчаста хлоренхіма, 5 — повітряна порожнина,
- 6 — провідний пучок, 7 — губчаста хлоренхіма,
- 8 — нижня епідерма, 9 — продихи, 10 — флоема,
- 11 — ксилема

Провідні тканини ксилема і флоема об'єднані в закриті провідні пучки. Ксилема обернена до верхнього, а флоема — до нижнього боку листка. Великі провідні пучки оточені склеренхімою, а дрібні — спеціальними паренхімними клітинами, щільно зімкнутими між собою. Провідні пучки з клітинами, які їх оточують, утворюють жилки.

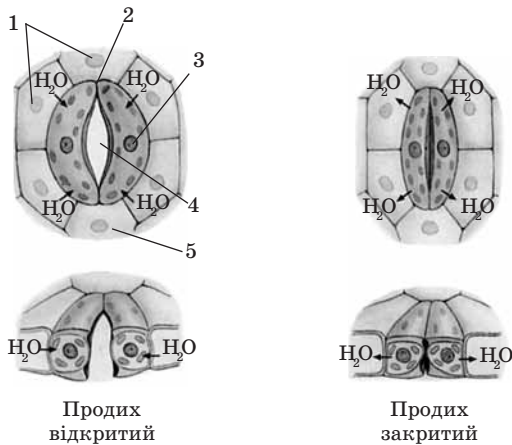
Арматурні тканини представлені в листку склеренхімою і коленхімою. Особливо багато механічних клітин навколо провідних пучків і біля епідерми. Розташування механічних тканин забезпечує високу стійкість листка до вітру, дощу й інших механічних впливів.

Дихання і транспірація

Клітини листків, як і будь-які живі клітини, мають потребу в кисні для здійснення окисних процесів. Крім того, для фототрофного живлення рослинам необхідний вуглекислий газ. Покривні тканини, що утворилися в процесі еволюції для захисту рослини від висихання і механічного

впливу, майже непроникні для газів. Газообмін відбувається крізь продихи. Вони складаються з отвору в епідермі — продихової щілини і двох замикаючих клітин бобоподібної форми.

Оскільки фотосинтез і процеси, що його супроводжують (споживання вуглекислого газу, води та виділення кисню), відбуваються вдень, то саме вдень у рослини виникає потреба у відкритті продихів. Замикаючі клітини містять хлоропласти. Удень при світлі в них відбувається фотосинтез і в протопластах підвищується вміст органічних речовин. За законами осмосу клітини починають активно всмоктувати в себе воду і набухають. При цьому продихова щілина відкривається і повітря проникає в міжклітинний простір, забезпечуючи клітини мезофілу вуглекислим газом, а вода випаровується, утворюючи тягу в провідній системі рослини. Вночі фотосинтез припиняється, концентрація розчинених у протопласті речовин поступово знижується, замикаючі клітини втрачають воду і щілина повільно закривається. У разі нестачі води в замикаючих клітинах падає тургор і продих закривається, зменшуючи транспірацію. У разі надлишку вологи клітини набухають, щілина відкривається, і надлишок води починає випаровуватися.



Механізм розкриття продихів:
1 — хлоропласти, 2 — замикаючі клітини, 3 — ядро, 4 — продихова щілина, 5 — клітини епідермісу

Тривалість життя листків

Листки більшості рослин рідко живуть понад рік. Це характерно не тільки для рослин помірних широт, але й для тропічних видів. Найбільшу тривалість життя мають листки хвойних — іноді понад 20 років. Відмиранню листка передують процеси руйнування хлоропластів, накопичення каротиноїдів, антоціанів, мінеральних солей, зменшення вмісту білка та РНК. Відбувається масовий відтік з листка вуглеводів і амінокислот. Речовини, що відтікають з листків, використовуються більш молодими частинами рослини.

Захисною реакцією у рослин, що живуть у кліматі з сезонними посухами або значним пониженням температури, є листопад. Скидаючи листки, рослини різко зменшують поверхню

випаровування і зупиняють метаболізм, що в умовах посухи або холодів необхідно для виживання. Сигналом підготовки рослини до листопаду є зміна довжини світлового дня. Вічнозелені рослини не мають масового сезонного листопаду. Вони скидають листки поступово, у міру їх старіння, і так само поступово утворюють нові. Тому створюється враження, що рослина завжди зелена.

Різноманітність листків

Листки однієї й тієї ж рослини розрізняються між собою формою і розмірами. Особливо помітні відмінності у рослин зі складними та глибоко розітнутими листками: у молодій рослини листки прості, а в міру зростання дедалі більше ускладнюються.

Листки розрізняються розташуванням на пагоні та функціями. Їх поділяють на верхівкову, серединну і низову формації. Листки низової формації мають лускоподібну форму і розташовані на пагоні в землі або під землею. Ці листки можуть виконувати захисну функцію, прикриваючи бруньки відновлення у багаторічних рослин. Листки серединної формації виконують функцію фотосинтезу. Вони можуть також виконувати функцію захисту від висихання та поїдання (колючки), запасуючу (м'ясисте листя алое і товстянки), опорну (вусики гороху). Прилистки також можуть виконувати захисну (колючки барбарису) або асиміляційну (горох) функції. Листки верхівкової формації захищають квіти, що знаходяться в генеративних бруньках, або суцвіття. Вони можуть бути яскраво забарвленими і привертати запилювачів (аронник, перестріч).

Гетерофілія (різнолистість) — різноманітність листків однієї формації. Особливо характерна гетерофілія для водяних рослин, листки яких розташовані під і над водою.

Квітка

Квітка — генеративний орган покритонасінних рослин, який утворився в ході еволюції з пагона в результаті спеціалізації та метаморфозу його частин.

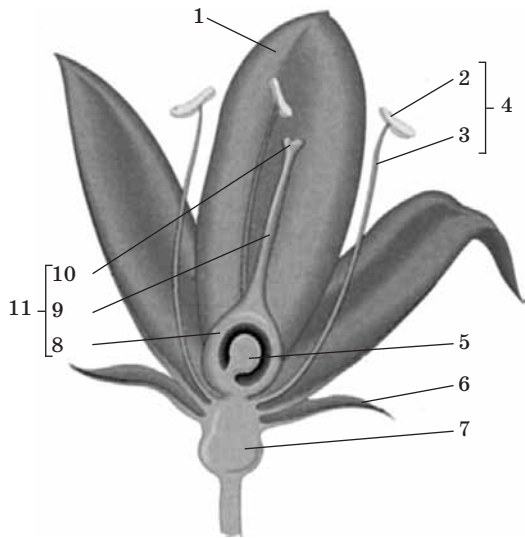
Осьовою частиною квітки є квітколоже, на якому розміщена решта компонентів квітки — оцвітина, тичинки, маточки. Міжвузля під квіткою називається квітконіжкою. Квітки, що не мають квітконіжки, називаються сидячими.

Оцвітина — це листочки, які оточують тичинки та маточки. Листочки оцвітини виконують дві основні функції: захищають тичинки та маточки квітки, що не розкрилася, і принадають запилювачів. Оцвітина буває простою і подвійною. Подвійна оцвітина складається з чашечки та віночка. Чашечка утворює зовнішнє коло оцвітини. Листочки чашечки — чашолистки — зазвичай мають невеликі розміри та зелене забарвлення. Чашечка

буває роздільнолистова (чаполистки вільні) і зрослолистова (чаполистки зростаються, утворюючи трубку із зубчиками). У деяких рослин чашечка зредукована або видозмінена (парашут кульбаби). У ході еволюції чаполистки утворилися з листків верхівкової формації, що доводиться подібністю їхньої морфологічної та анатомічної будови. Віночок — внутрішня частина подвійної оцвітини, його листочки називаються пелюстками. Вони, як правило, добре розвинені та мають яскраве забарвлення. За різноманітністю форм, розмірів і кольору пелюсток віночок перевершує всі інші частини квітки.

Сукупність тичинок квітки називається андроцеєм. Тичинка продукує пилок, усередині якої утворюються спермії. Тичинка складається з тичинкової нитки і пиляка. Пиляки складаються з двох половинок, усередині кожної з них утворюються пилкові зерна. Кількість тичинок може коливатися від однієї до декількох сотень, вони можуть зростатися або бути вільними, відрізнятися за довжиною або бути однаковими. У процесі еволюції тичинки утворилися з листків.

Гінецей — сукупність плодолистків у квітці, які утворюють одну або декілька маточок. Плодолистки сформувалися в процесі еволюції із спорofilів, а розміщені на них насінні зачатки — із спорангіїв. У маточці розрізняють зав'язь — нижню розширену частину, що містить насінні зачатки, приймочку — верхівку, що сприймає пилок, і стовпчик — перехід від зав'язі до приймочки.



Будова квітки:

- 1 — пелюстка, 2 — пиляк, 3 — тичинкова нитка,
- 4 — тичинка, 5 — насінний зачаток, 6 — чаполисток,
- 7 — квітколоже, 8 — зав'язь, 9 — стовпчик,
- 10 — приймочка, 11 — маточка

Залежно від положення щодо решти частин квітки зав'язь буває верхньою або нижньою. Верхня зав'язь розташовується на квітколожі вільно, решта частин квітки розташована нижче. Нижня зав'язь розташована під оцвітиною та тичинками.

Переважає більшість рослин має двостатеві квітки. Проте існують види, у яких одні особини

утворюють тільки чоловічі квітки, а інші — тільки жіночі. Такі рослини називають дводомними. Рослини, у яких є двостатеві квітки або ж різностатеві квітки розміщені на одному організмі, називаються однодомними.

Суцвіття

Суцвіття — спеціалізована для утворення квіток частина пагона. Більшість верхівкових меристем у суцвітті утворюють квітки, тому такі пагони втрачають здатність до подальшого росту.

Залежно від ступеня галуження суцвіття поділяють на прості та складні. У простих суцвітті галуження не перевищує двох порядків. У складних суцвітті галуження може досягати трьох, чотирьох і більше порядків.

Китиця має подовжену головну вісь і виражені квітконіжки, більш-менш однакові між собою. Якщо квітконіжки не однакові (нижні довші за верхні) і квітки розташовуються в одній площині, то суцвіття називається щиток.

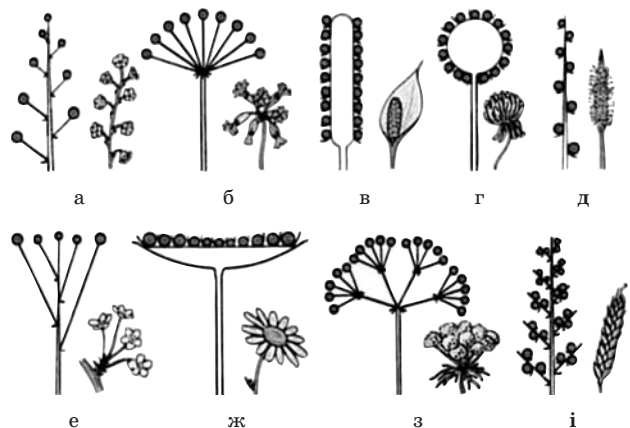
Якщо на розвиненій головній осі квітки сидять, то суцвіття називається колос, а якщо головна вісь при цьому м'ясиста — качан.

Якщо головна вісь укорочена, а квітконіжки мають однакову довжину, то суцвіття називається зонтик. Якщо на головній укороченій (іноді м'ясистій) осі розташовуються сидять квітки, то суцвіття називається головка.

У суцвітті кошик квітки розміщуються на верхній головній уплощеній осі.

До складних суцвіттів, що мають моноподіальне наростання, відносять подвійну китицю, складний зонтик і складний колос. У цих суцвіттів на головній осі розташовуються прості суцвіття, будова яких описана вище.

Волоть має більше ніж три порядки галуження, причому нижні галушення розвинені більше за верхні, наростання моноподіальне.



Види суцвіттів:

- a — китиця, б — зонтик, в — початок, г — головка,
- д — колос, е — щиток, ж — кошик, з — складний зонтик, і — складний колос

Біологічне значення суцвіть: зближення квіток збільшує ймовірність перехресного запилення; дрібні квітки, зібрані в суцвіття, стають помітнішими для запилювачів.

Плід

Плід є утворенням, характерним тільки для покритонасінних рослин. Різноманітність і класифікація плодів визначаються будовою оплодня, способом розкривання плоду й особливостями розповсюдження. Залежно від будови оплодня плоди поділяють на сухі та соковиті.

Ягода — соковитий плід, що містить багато насіння; оплодень соковитий, м'який, тверді покриви насіння утворені покривами насінного зачатка (томат, картопля, огірок, кавун).

Кістянка — соковитий однонасінний плід; шкірка, м'якоть і тверда кісточка утворені шарами оплодня (вишня, слива, персик, абрикоса).

Складна кістянка — соковитий плід, утворений зрослими кістянками, розташованими на спільному квітколожі (малина й ожина).

Яблуко — соковитий багатонасінний плід; соковита частина утворюється внаслідок зростання оплодня та квітколожа, яке обростає його (яблука, груша, айва).

Горіх — сухий однонасінний плід із здерев'янілим оплоднем (ліщина).

Зернівка — сухий однонасінний плід; тонкий оплодень дуже щільно прилягає до насінної шкірки, тож плід є нерозкривним (злаки).

Сім'янка — сухий однонасінний плід із тонким шкірястим оплоднем (соняшник).

Біб — сухий багатонасінний плід; насіння прикріплене до ступок зав'язі зсередини (горох). На відміну від боба у стручкa насіння розміщується на перегородці між ступками (капуста).

Гарбузина — м'ясистий багатонасінний плід (патисон, кабачок, гарбуз).

Коробочка — сухий багатонасінний плід (тюльпан, мак, дурман, чистотіл).

Розмноження рослин

Для представників царства Рослини характерні три основні способи розмноження: нестатеве, статеве та вегетативне.

Нестатеве розмноження

Нестатеве розмноження здійснюється спорами. Розмноження спорами характерне для переважної більшості нижчих рослин (водорості), а також для вищих спорових рослин (мохи, плауни, хвощі, папороті).

Спори являють собою спеціалізовані клітини, що утворюються шляхом мітозу (мітоспори) або

мейозу (мейоспори). Для вищих рослин характерні виключно мейоспори. Спори утворюються в органах, які називаються спорангіями. У нижчих рослин функцію спорангія виконує одна клітина, з вмісту якої утворюються спори. Спорангії вищих рослин є багатоклітинними органами, що містять спорогенну тканину. Організм, який утворює спорангії та розмножується спорами, називається спорофіт.

Статеве розмноження

Статеве розмноження являє собою процес, під час якого новий організм утворюється внаслідок злиття статевих клітин (гамет) з утворенням зиготи. Органи, в яких утворюються гамети, називаються гаметангіями. Гаметангії, що утворюють яйцеклітини, називаються овогоніями (у нижчих рослин) і архегоніями (у вищих рослин). Гаметангії, які утворюють сперматозоїди, називаються антеридіями.

Процеси запліднення і мейозу називають зміною ядерних фаз, оскільки під час цих процесів відбувається зміна кількості генетичного матеріалу. Організм, що має гаплоїдний набір хромосом, називають гапlobіонтом, диплоїдний — дипlobіонтом. Різним групам рослин властиві різні форми зміни ядерних фаз.

У нижчих рослин доросла особина є гапlobіонтом. У результаті мітозу утворюються гамети, що мають також гаплоїдний набір хромосом. Унаслідок злиття гамет формується диплоїдна зигота, яка покривається оболонкою. Відбувається мейоз і утворюються чотири гаплоїдні клітини — мейоспори. Тобто зигота не дає початку новій особині. Мейоспори вивільнюються і дають початок новим гаплоїдним особинам. Такий спосіб розмноження характерний, наприклад, для улотрикса.

Для всіх вищих і багатьох нижчих рослин характерне явище чергування гапlobіонтного і дипlobіонтного покоління. Гапlobіонт утворює в гаметангіях гамети шляхом мітозу. Унаслідок злиття гамет утворюється диплоїдна зигота. Зигота ділиться і дає початок новому організму. Організм, що виріс з диплоїдної зиготи, є дипlobіонтом. Дипlobіонт являє собою спорофіт, на ньому в спорангіях шляхом мейозу утворюються гаплоїдні спори. Коли спора проростає, утворюється гаплоїдний гаметофіт.

Вегетативне розмноження

Вегетативне розмноження у рослин здійснюється шляхом відокремлення вегетативних частин тіла, що дають початок новому організму.

Вивідкові бруньки — спеціальні органи вегетативного розмноження. Найчастіше вони зустрічаються у покритонасінних і деяких папороте-

подібних. Утворюються в основному на листку, а потім опадають та дають початок новим рослинам.

Вегетативне розмноження водяних рослин часто здійснюється за рахунок фрагментації. Кожний фрагмент дає початок новому організму.

Деякі злаки в несприятливих умовах здатні утворювати замість квіток невеликі вегетативні пагони (тонконіг альпійський).

Вегетативне розмноження здійснюється також за допомогою видозмінених пагонів — бульб, столонів, кореневищ, цибулин.

Розмноження покритонасінних рослин

Процес статевого розмноження квіткових рослин включає декілька етапів: цвітіння, запилення, запліднення, дозрівання і розповсюдження насіння.

Цвітіння — процес, що починається з відкриття бутонів, з подальшим розкриттям пелюсток, звільненням пилку, функціонуванням маточок і в'яненням квітки. Тривалість цвітіння у різних видів варіює від декількох годин до декількох тижнів.

Запилення — процес перенесення пилку з тичинок на приймочку маточки. Розрізняють два види запилення: 1) самозапилення — перенесення пилку з тичинок на маточки однієї й тієї ж квітки; 2) перехресне запилення — перенесення пилку з тичинок однієї квітки на маточки іншої.

Найпоширеніший спосіб запилення — за допомогою комах. Комахи-запилювачі навідують квітки, щоб використовувати в їжу нектар і (або) пилок.

Квітки вітрозапильних рослин дрібні, позбавлені яскравого забарвлення та запаху, пилок дуже дрібний, легкий, утворюється у величезних кількостях.

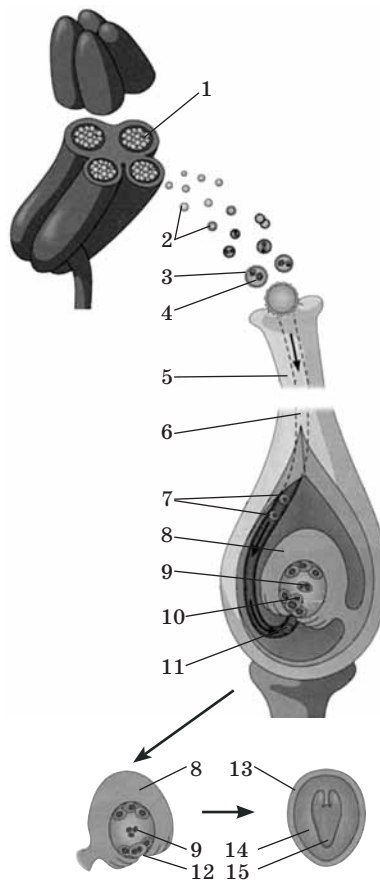
Запиленню передують процес дозрівання пилку та маточок. Еволюція рослин ішла шляхом ускладнення і вдосконалення диплоїдного спорофіта та редукції гаплоїдного гаметофіта. У покритонасінних рослин відмінності між гаметофітом і спорофітом досягли найвищого ступеня.

Тичинка являє собою еволюціонуючий спорофіл, пиляк — верхню частину мікроспорофіла із зрослими мікроспорангіями. Усередині пилка в результаті мейотичного поділу утворюються мікроспори, покриті оболонкою. Потім мікроспора проростає під оболонкою. У результаті одного поділу утворюються дві клітини: маленька — генеративна і велика — вегетативна. Це і є чоловічий гаметофіт. Оболонка мікроспори стає оболонкою гаметофіта — пилкового зерна. Розміри пилкових зерен і форма оболонки можуть значно варіювати.

Маточка утворюється внаслідок зрощення країв одного або декількох плодолистків. Плодолистки утворилися в процесі еволюції з мега-

спорофілів. Усередині зав'язі міститься один або декілька насінних зачатків. Насінний зачаток складається з ядра і покривів. Ядро насінного зачатка утворилося в ході еволюції з мегаспорангіїв. У покривах насінного зачатка є вузький прохід — мікропіле (через нього в насінний зачаток проникає пилкова трубка). У насінному зачатку утворюються мегаспори — як правило, чотири, рідше дві або одна. Потім одна мегаспора починає ділитися, утворюючи зародковий мішок, а інші розсмоктовуються. У результаті поділу мегаспора витягується, біля її полюсів утворюється по чотири ядра. Далі від полюсів відділяється по одному ядру, які прямують до центру зародкового мішка і зливаються, утворюючи центральне ядро. Оскільки мегаспора сформувалася в результаті мейотичного поділу, то утворені в ній ядра мають гаплоїдний набір хромосом. Центральне ядро має диплоїдний набір хромосом, оскільки утворюється внаслідок злиття двох гаплоїдних ядер. З ядер, що залишилися біля полюсів зародкового мішка, утворюються клітини. Із клітин, розташованих біля полюса, оберненого до мікропіле, розвиваються яйцеклітина і клітини-супутниці (синергіди). На протилежному кінці утворюються три клітини — антиподи.

Подвійне запліднення



Подвійне запліднення й утворення насіння у покритонасінних рослин:

- 1 — пиляк,
- 2 — пилок,
- 3 — генеративна клітина,
- 4 — вегетативна клітина,
- 5 — маточка,
- 6 — пилкова трубка,
- 7 — спермії,
- 8 — покриви насінного зачатка,
- 9 — центральне ядро,
- 10 — яйцеклітина,
- 11 — вростання пилкової трубки в насінний зачаток через мікропіле,
- 12 — зигота,
- 13 — покриви насінини,
- 14 — ендосперм (3n),
- 15 — зародок (2n)

Пилкове зерно, що потрапило на приймочку маточки, проростає, утворюючи пилкову трубку. Пилкова трубка розвивається з вегетативної клітини. У її кінці, що росте, розташовується ядро і два спермії, які утворилися з генеративної клітини.

Від моменту початку росту пилкової трубки до її проникнення через мікропіле в зародковий мішок у різних видів минає від 15 хвилин до 15 місяців. Коли пилкова трубка досягає зародкового мішка, її кінець розривається і спермії виходять у порожнину насінного зачатка. Один — запліднює яйцеклітину, а другий — зливається з центральним ядром. Цей процес, названий подвійним заплідненням, відкрив у 1898 р. російський біолог С. Г. Навашин. Він відбувається тільки у квіткових рослин. Із заплідненої яйцеклітини розвивається диплоїдний зародок, а з центрального ядра — ендосперм, який має триплоїдний набір хромосом. Поділ центрального ядра і зиготи приводить до утворення насіння, з покривів насінного зачатка утворюються покриви насіння, а стінки зав'язі формують оплодень. Завершення вищеписаних процесів приводить до розвитку плоду.

Проростання насіння

Оскільки для подальшого розвитку зародка необхідні енергія і будівельний матеріал, насіння має в собі певний запас поживних речовин. Основним джерелом енергії в насінні є жири і (або) крохмаль. У насінні також міститься запас білків, вітамінів, мікроелементів, біологічно активних речовин для побудови тіла зародка, яке росте, здійснення й регуляції ростових процесів. Завдяки цьому насіння є цінним поживним продуктом для людини і тварин.

Коли формування плоду і насіння завершене, насіння впадає в стан спокою й обмінні процеси в ній припиняються. Для відновлення росту зародка і проростання насіння необхідні певні умови, в першу чергу достатня вологість і температура. Насіння багатьох рослин має бути піддане механічній, хімічній або термічній дії, наприклад дії ферментів травного тракту тварини або низьких температур зимового періоду. Обов'язкові умови, без виконання яких насіння не проростає, сформувалися в ході еволюції й викликані характером клімату або особливостями проростання плодів.

Систематика рослин

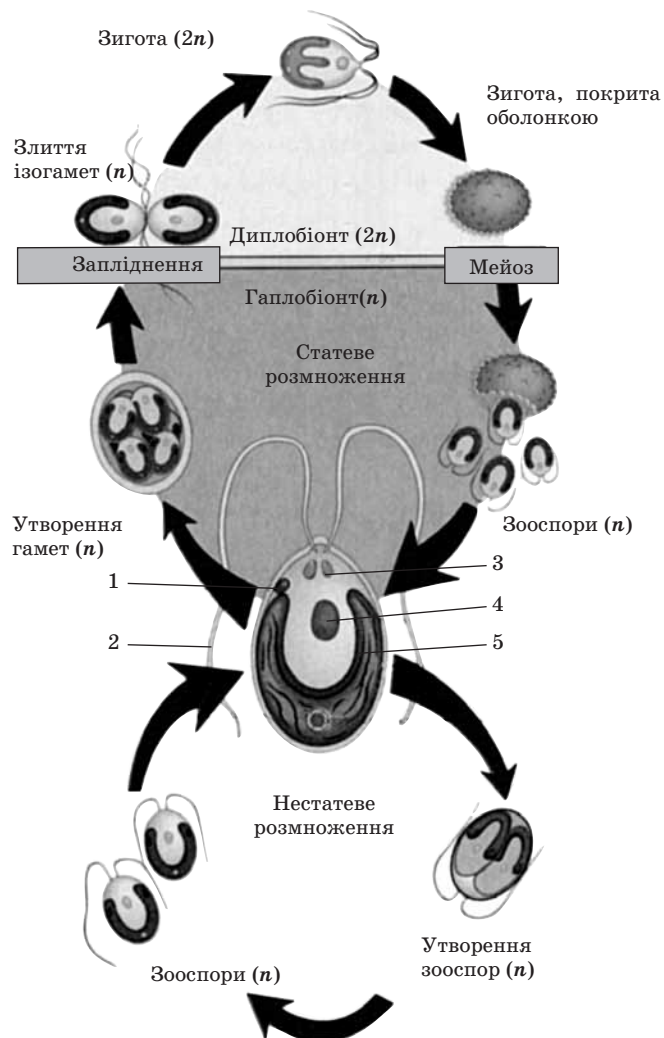
Нижчі спорові рослини — водорості

Водорості — нижчі спорові рослини з фототрофним типом живлення. Водорості можуть бути одноклітинними, колоніальними і багатоклітинними. Особливістю багатоклітинних водоростей є відсутність диференціації тіла на тканини й органи. Тіло водоростей називається талом або

слань. Водорості живуть у водному середовищі, деякі — у ґрунті або повітряному середовищі, проте всі вони потребують достатньої кількості води (роса, туман, бризки тощо). Хлоропласти водоростей називаються хроматофорами.

Відділ Зелені водорості

Зелені водорості — найчисленніший відділ, налічує до 20 тис. видів, що відрізняються величезною різноманітністю розмірів і форм. Велика частина представників у вегетативному стані є гапобіонтами (мають гапloidний набір хромосом). Живуть в основному в прісних водоймах, проте зустрічаються і в солоних водах, ґрунті та повітряному середовищі.



Будова та життєвий цикл хламідомонади:
1 — світлочутливе вічко, 2 — джгутик, 3 — скоротлива вакуоля, 4 — ядро, 5 — хроматофор

Хламідомонада — типовий представник джгутиконосних зелених водоростей, що живе в прісних водоймах. Це одноклітинний організм. У клітині міститься одне ядро, один хроматофор, світлочутливе вічко з пігментами, два джгутики. Хламідомонада пересувається у воді до місць, найсприятливіших для фотосинтезу. У разі

надлишку органічних речовин у воді хламідомонада може переходити на гетеротрофний спосіб живлення, всмоктуючи ці речовини всією поверхнею клітини. Біля основи джгутиків є дві скоротливі вакуолі, які видаляють з клітини надлишок води. Хламідомонада є гапlobіонтом і за сприятливих умов навколишнього середовища розмножується нестатевим шляхом, утворюючи від двох до восьми мітозооспор. У несприятливих умовах хламідомонада починає розмножуватися статевим способом. Вона утворює дві, чотири, вісім, шістнадцять або тридцять дві ізогамети, які попарно зливаються, утворюючи диплоїдну зиготу, покриту щільною захисною оболонкою. Потім вміст зиготи ділиться мейотично, оболонка зиготи розривається і з неї виходять чотири мейозоспори.

Улотрикс — багатоклітинна нитчаста водорість. Слань представлена однорядною нерозгалуженою ниткою. Клітини слані одноядерні, мають паскоподібний хроматофор. Розмножується вегетативно фрагментами слані або зооспорами, які утворюються у всіх клітинах слані. Прикріплюється до субстрату за допомогою клітини, що витягується в ризоїд.

Спірогіра — нитчаста водорість. Відмітна особливість — повна відсутність рухомих стадій розмноження і наявність процесу кон'югації. Кон'югація може відбуватися як між клітинами двох різних ниток, так і між двома сусідніми клітинами однієї нитки. У цьому разі вміст однієї клітини перетікає в іншу, зливаючись з ним і утворюючи зиготу, що дає початок новому організму. Розростаючись у водоймищах, спірогіра й улотрикс утворюють твань.

Відділ Діатомові водорості

Діатомові водорості — група мікроскопічних одноклітинних водоростей, що живуть поодинокі або колоніально. Розміри клітин 4—2000 мкм. Клітини позбавлені целюлозної оболонки та покриті панциром з кремнезему. Панцир складається з двох половинок, увесь пронизаний отворами, через які здійснюється контакт із зовнішнім середовищем. Спосіб живлення фототрофний. У разі нестатєвого розмноження клітини діляться так, що кожна з двох дочірніх клітин отримує половину панцира материнської клітини, а другу половину добудовує сама. Також має місце статєве розмноження. Усі діатомові водорості є диплобіонтами. Живуть діатомові у всіх середовищах, проте мають потребу в наявності достатньої кількості кремнезему в навколишньому середовищі. Мають величезне харчове значення для бактерій і простих тварин завдяки високому вмісту білків і мінералів. У деяких регіонах складають до 40 % фітопланктону.

Відділ Бурі водорості

Бурі водорості є найбільш високоорганізованим відділом нижчих рослин. Слань багатоклітинна, розміри варіюють від частки міліметра до 50 метрів (макроцистис). Клітини містять одне ядро і декілька хроматофорів, сполучаються між собою за допомогою плазмодесм. У найбільш високоорганізованих видів спостерігається диференціація клітин у зв'язку з функціями, які вони виконують, і утворення тканин (ламінарія, фукус). З'являється спеціалізація частин слані у зв'язку з виконуваними функціями (саргасум). Прикріплення до субстрату здійснюється ризоїдами або основою слані, що розрослася, — базальним диском. Бурим водоростям властиві всі види розмноження. У більшості спостерігається чергування поколінь за типом вищих спорових рослин.

Це майже виключно морські рослини, поширені навіть у північних морях на глибинах до 200 м. У прибережній зоні є основним джерелом їжі, місцем розмноження й існування морських тварин. Людиною використовуються для отримання харчових добавок, багатих на Іод і мікроелементи, добрих, ліків і кормів.

Відділ Червоні водорості

Червоні водорості — численна та різноманітна група, що характеризується наявністю пігментів, які виконують функцію оптичних сенсибілізаторів. Завдяки цьому червоні водорості здатні уловлювати незначну кількість світла і заселяти глибини, недоступні представникам інших відділів. Майже всі червоні водорості багатоклітинні, мають форму ниток, розгалужених ниток, кущиків. Спостерігається величезна різноманітність форм зміни ядерних фаз і чергування поколінь. Червоні водорості є незамінним джерелом агару (родименія і порфіра). Мають харчове значення.

Вищі спорові рослини

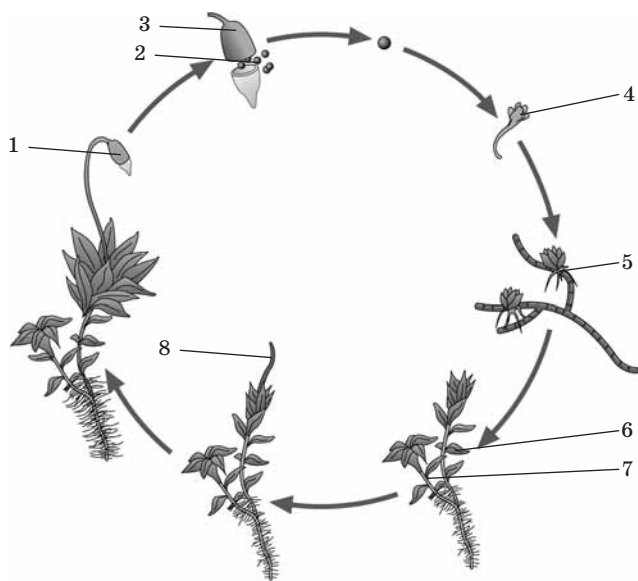
Для вищих рослин характерні диференціація тіла на корінь, стебло і листки, а також існування відокремлених тканин. Усім вищим рослинам властива зміна поколінь (гаметофіта і спорофіта) у циклі їхнього розвитку.

Відділ Мохоподібні

Мохи є особливою групою вищих спорових рослин, що налічує близько 23 тис. видів. Основна відмінність мохоподібних полягає в тому, що в циклі чергування поколінь домінуючим є гаплоїдний гаметофіт, а не диплоїдний спорофіт. Через це здатність мохів пристосовуватися до зміни умов

існування виявилася набагато меншою, ніж у рослин з домінуючим диплоїдним поколінням. Мохоподібні є тупиковою гілкою еволюції, що не дала початку більш високоорганізованим організмам.

Багаторічний гаметофіт мохів має слань або листкостеблову будову. Розміри його коливаються від декількох міліметрів до декількох десятків сантиметрів. Прикріплення до субстрату здійснюється волосоподібними відростками — ризоїдами. Живуть у всіх кліматичних зонах, на всіх материках; у тундрі та на високогір'ї є домінуючою групою рослин.



Життєвий цикл мохів:

- 1 — зрілий спорофіт (2n), 2 — спори (n), 3 — коробочка, 4 — молодий гаметофіт (n), 5 — передшаросток (протонема) (n), 6 — жіночі пагони (гаметофіт) (n), 7 — чоловічі пагони (гаметофіт) (n), 8 — молодий спорофіт (2n)

Зозулин льон належить до найчисленнішого класу листкостеблових мохів. Однодомні, асимілюючі стебла гаметофіта, вкриті зеленими сидячими листками, можуть досягати заввишки 50 см. На верхівці пагона формуються антеридії або архегонії, в яких мітотичним поділом утворюються сперматозоїди або яйцеклітини. Запліднення відбувається під час дощу або випадання рясної роси. Із зиготи виростає диплоїдний спорофіт. Він складається із стопи, ніжки й коричневої коробочки з кришечкою, прикритої залишками архегонія. Спорофіт практично цілковито позбавлений хлоропластів, тому його живлення здійснюється за рахунок гаметофіта. Коробочка є спорангієм, у якому відбувається формування та дозрівання спор. Коли гаплоїдні мейоспори дозрівають, коробочка відкривається. Спора проростає і утворює протонему — нитчасту стадію, яка передує гаметофіту. На протонемі закладаються бруньки, що дають початок чоловічим і жіночим гаметофітам.

Сфагнум — листкостебловий мох, позбавлений ризоїдів і диференційованих тканин. Росте на болотах. Складається з двох типів клітин.

Одні — живі асимілюючі, інші — відмерлі, їхній протопласт зруйнований, а внутрішній простір заповнений повітрям. Така будова дозволяє сфагнуму плавати на поверхні води. Поступово нижні, позбавлені доступу кисню шари відмирають і осідають на дно, утворюючи торф.

Відділ Плауноподібні

Представники відділу Плауноподібні є найдавнішими наземними рослинами, налічують близько 400 видів. Це багаторічні, трав'янисті, зазвичай вічнозелені рослини. Домінуюче покоління — диплоїдний спорофіт. Високі плауноподібні представлені різноманітними видами та дерев'янистими формами, сучасні — вельми скромним числом видів і родів. Зустрічаються як рівноспорові види (з їхніх спор проростають двостатеві гаметофіти), які утворюють і яйцеклітини, і сперматозоїди, так і різноспорові — гаметофіти утворюють один тип гамет. Гаметофіт називається заростком. У рівноспорових гаметофіт розміром 2—20 мм, дозріває під землею 1—15 років, живиться сапротрофно. У різноспорових гаметофіт розвивається декілька тижнів за рахунок поживних речовин, що містяться в спорі. Галуження стебла дихотомічне. Розрізняють два види листків: трофофіли, що виконують асиміляційну функцію, і спорофіли, що несуть спорангії. Підземна частина представлена кореневищем із додатковими коренями. Використовуються для виготовлення декоративних виробів і у медицині.

Плаун булавовподібний — представник рівноспорових. У спорангіях утворюються мейоспори, які проростають через 3—8 років, дозрівання гаметофіта триває 15 років. Розвиток гаметофіта відбувається тільки в симбіозі з мікоризою гриба. Гаметофіт двостатевий, залягає на глибині 1—8 см, утворює безліч антеридіїв і архегоніїв. Основний спосіб розмноження — вегетативний, фрагментами кореневища.

Відділ Хвоцеподібні (Членисті)

Хвоцеподібні представлені сучасними трав'янистими та вимерлими дерев'янистими формами, налічують близько 30 видів. Переважно вологолюбні лугові рослини помірних широт, довжина стебла може досягати декількох метрів. Особливістю хвоцеподібних є члениста будова пагонів і мутовчасте розташування листків. Переважна більшість — рівноспорові. Підземна частина представлена кореневищем з розташованими на ньому додатковими коренями. Домінуюче покоління — диплоїдний спорофіт. За несприятливих умов розмножуються вегетативно.

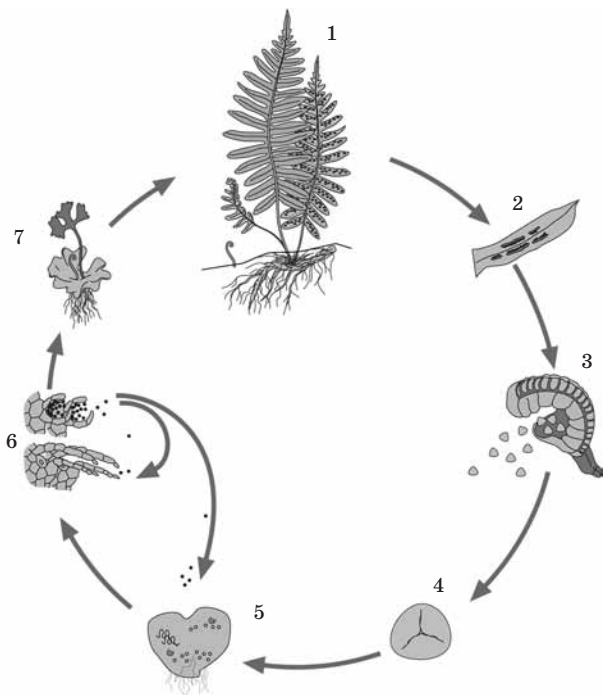
Хвоц польовий. Розрізняють два види пагонів: літні асиміляційні та весняні, спороносні. Після досягання спори розносяться вітром. Спори хвоца польового мають хрестоподібний

виріст оболонки, який сприяє розповсюдженню. Незважаючи на те що всі спори зовні однакові, зі спор, які потрапили в сприятливі умови, виростають жіночі гаметофіти, а зі спор, які потрапили в несприятливі умови, — чоловічі. Чоловічі гаметофіти мають розміри від 1 до 10 мм, жіночі — 3—30 мм. Жіночі гаметофіти здатні у разі потреби утворювати антеридії. Сперматозоїди великі й містять до 100 джгутиків. Запліднення відбувається тільки за наявності води на поверхні гаметофіта.

Молоді спороносні пагони можуть використовуватися в їжу, проте доросла рослина отруйна і в природі поїдається тваринами дуже рідко. У медицині використовується як кровоспинний і сечогінний засіб.

Відділ Папоротеподібні

Велика і надзвичайно різноманітна група спорових рослин, що включає понад 10 тис. видів. Поширені по всьому світу. Домінуюче покоління — диплоїдний спорофіт. Вимерлі деревоподібні форми досягали 25 м заввишки.



Життєвий цикл папоротей:

1 — дорослий спорофіт, 2 — спорангій, 3 — зрілий гаметофіт, 4 — мейоспора, 5 — зрілий гаметофіт, 6 — запліднення, 7 — молодий спорофіт

Щитник чоловічий має укорочене стебло, представлене кореневищем, на верхівці якого розташовується пучок листків. Ці листки є видозміненими пагонами й, на відміну від листків покритонасінних, наростають не основою, а верхівкою. На нижньому боці листка розташовуються соруси — групи спорангіїв, прикриті брунькоподібними покривальцями. Під час дозрівання спор спорангії розкриваються.

З мейоспор, що висіялися, проростають гаплоїдні двостатеві гаметофіти. Гаметофіт забарвлений у зелений колір. Процес запліднення нерозривно пов'язаний із водою. Унаслідок запліднення утворюється диплоїдна зигота, яка дає початок новому спорофіту. Спочатку розвиток і живлення спорофіта відбувається за рахунок асимілюючого гаметофіта.

Насінні рослини

Насінні рослини мають ряд пристосувань і особливостей розвитку, що виникли в ході еволюції й дозволили їм зайняти панівне положення в царстві рослин, — внутрішнє запліднення, розвиток зародка всередині насінного зачатка і наявність насіння.

Відділ Голонасінні

Голонасінні рослини представлені вічнозеленими, зрідка листопадними, дерев'янистими, зрідка кущистими формами, трав'янистих форм немає. Близько 660 видів. Домінуюче покоління — диплоїдний спорофіт. Коренева система стрижнева, головний корінь утворюється із зачаткового корінця зародка, провідні тканини розвинені краще, ніж у спорових рослин. Різноспорові. Мікро- та мегаспорофіли розвиваються окремо один від одного на спеціальних пагонах — мікро- і мегастробілах. Для здійснення статевого процесу насінним рослинам, на відміну від спорових, не потрібна вода. Мегаспори не залишають спорангіїв, розвиток гаметофітів і запліднення відбуваються в спорангіїх. Мегаспорангій насінних оточений оболонкою, яка захищає його, — інтегументом, і називається насінним сім'язачатком або сім'ябрунькою.

Відділ включає чотири класи — Саговники, Гнетові, Гінкгові та Хвойні.

Клас Хвойні включає близько 560 видів. Представники класу є одними з рекордсменів рослинного світу за висотою (секвойя вічнозелена може досягати 112 метрів), товщиною (таксодіум мексиканський досягає 16 метрів завтовшки) і довговічністю (вік одного екземпляра сосни довговічної оцінюють у 4844 роки).

Сосна належить до ряду Соснові, родини Соснові, яка налічує 250 видів, об'єднаних у чотири роди — Ялиця, Модрина, Ялина і Сосна. Усі види родини, окрім сосни Меркуза, зустрічаються виключно в Північній півкулі. Рід Сосна включає 100 видів.

Сосна звичайна (лісова) росте на всій території Євразії. Коренева система дуже могутня і часто утворює мікоризу. Мікростробіли складаються

з мікроспорофілів, що несуть по два мікроспороантії. У мікроспороантіях зі спорогенної тканини утворюються мікроспори, покриті оболонкою, яка має дві повітряні порожнини. Мікроспора проростає, не залишаючи оболонки, у чоловічий гаметофіт — пилокве зерно. Він складається з двох клітин — великої вегетативної та маленької генеративної. Після дозрівання пилку оболонка мікроспороантії розкривається і пилок розноситься вітром. Мегастробіли утворюють шишки, що складаються з осі з розташованими на ній криючими лусками, у пазухах яких містяться насінні луски. Біля основи насінної луски, на боці, оберненому до осі, розташовано два насінні зачатки. В інтегументі насінного зачатка є отвір — мікропіле. Унаслідок проростання мегаспори утворюється жіночий гаметофіт, що складається з двох яйцеклітин і групи вегетативних клітин. У разі потрапляння на насінний зачаток пилку останній прилипає і після періоду спокою, що триває один рік, проростає. Із вегетативної клітини утворюється пилкова трубка, а з генеративної — два спермії, що запліднюють яйцеклітини. Проте зародок утворюється тільки з однієї. А з вегетативних клітин жіночого заростка утворюється ендосперм насінини. Увесь процес розмноження від утворення спор до дозрівання насіння триває три роки. Після дозрівання шишка розтріскується, і насіння розлітається за допомогою виросту, утвореного зовнішнім шаром інтегумента. Таким чином, насіння сосни складається з диплоїдного інтегумента, утвореного оболонкою мегаспороантію, гаплоїдного ендосперма, утвореного вегетативними клітинами жіночого гаметофіта, і диплоїдного зародка.

Наявність смол робить деревину хвойних стійкою до вологи, це має величезне значення для деревообробної, хімічної та фармацевтичної промисловості, кораблебудування. Хвойні насичують повітря фітонцидами.

Відділ Покритонасінні (Квіткові)

Основними відмітними особливостями покритонасінних є наявність квітки, плоду і подвійне запліднення. Відділ складається з двох класів — Дводольні та Однодольні.

К л а с Д в о д о л ь н і включає близько 180 тис. видів. До них належать дерева, кущі, трави. Зародок дводольних має дві сім'ядолі (у чистяка, чубарки і деяких зонтичних — одна, у дегенерії — три). Листки з перистим жилкуванням, рідше пальчастим або дуговим. Провідні пучки, як правило, відкриті, розташовані в одне коло. Зародковий корінець перетворюється на головний корінь стрижневої системи, у багатьох трав'янистих рослин коренева система мичкувата. Квітки п'ятичленні, рідше чотири- або тричленні.

Родина Розові

Близько 3 тис. видів, серед яких дерева, кущі та трави. Листкорозміщення почергове, квітки правильні п'ятичленні (рідко три-, чотири- і більше ніж п'ятичленні), оцвітина подвійна, тичинок п'ять (або кількість, кратна п'яти), плодолистків від одного до багатьох. Суцвіття — китиця, щиток. Плід — кістянка, яблуко, збірна кістянка. Представники: яблуня, груша, слива, айва, абрикоса, персик, вишня, черешня, шипшина, суниця, горобина.

Родина Бобові

Близько 17 тис. видів. Дерева, кущі, трави. Листкорозміщення почергове, листки складні, часто з вусиком. Суцвіття — китиця, головка, зонтик. Квітки неправильні, з подвійною оцвіткою, п'ятичленні, чашечка зрослолиста. Тичинок десять — дев'ять зрослих і одна вільна. Маточка утворена одним плодолистком, зав'язь верхня. Плід — біб. Представники: горох, квасоля, конюшина, арахіс, люцерна, люпин, еспарцет, акація.

Родина Пасльонові

Близько 2,5 тис. видів. Трав'янисті, кущисті, зрідка дерев'янисті рослини з простими, почергово розташованими листками. Суцвіття — завиток або китиця. Оцвітина подвійна, чашечка зрослолиста, квітки п'ятичленні, тичинки можуть частково приростати до пелюсток. Маточка з двох зрощених плодолистків, зав'язь верхня, плід — ягода або коробочка. Плоди часто отруйні. Представники: білена, картопля, паслін, томат.

Родина Складноцвіті (Айстрові)

Понад 20 тис. видів. Характерна ознака родини — суцвіття кошик. Представлена в основному трав'янистими формами. Є чотири типи квіток.

Язичковий тип — чашолистки зредуковані у волоски, п'ять пелюсток зростаються, утворюючи язичок, маточка складається з двох зрослих плодолистків (кульбаба).

Несправжньоязичковий тип — три зрослі пелюстки утворюють язичок, дві пелюстки зредуковані, тичинок немає, часто маточки безплідні, виконують роль віночка суцвіття (ромашка).

Трубчастий тип — чашолистки зредуковані або представлені волосками, п'ять пелюсток зростаються, утворюючи трубку, п'ять тичинок зростаються в трубку пиляками, маточка утворена двома зрослими плодолистками (ромашка — жовті квітки в центрі суцвіття).

Лійчастий тип — безплідний, усі частини квітки, за винятком віночка, зредуковані, віночок утворений п'ятьма зрослими в трубку пелюстками (волошка).

Представники: соняшник, кульбаба, ромашка, ехінацея, амброзія, календула, чортополох, полин, маргаритка, хризантема, едельвейс, лопух.

Родина Хрестоцвітні

Близько 3,2 тис. видів. Поширені переважно в помірній зоні Старого Світу. В основному

однорічні та багаторічні трави. Суцвіття — китиця, квітки правильні, оцвітина подвійна. Чашолистків чотири, розташовані в два кола; пелюсток чотири, розташовані хрестоподібно; тичинок шість — дві короткі й чотири довгі; маточка утворена двома плодолистками. Плід — стручок або стручечок. Представники: капуста, гірчиця, редиска, хрін.

Клас Однодольні включає близько 60 тис. видів. Представлений в основному травами, зрідка зустрічаються вторинно-деревні форми (пальми). Жилкування паралельне, рідше — дугове, перисте або пальчасте. Провідні пучки закриті, можуть розташовуватися в декілька кіл. Зародковий корінець відмирає, замінюючись мичкуватою системою додаткових коренів.

Родина Злакові

Близько 10 тис. видів, поширені по всьому світу, вітрозапильні. Зовнішнє коло віночка перетворене на верхню та нижню квіткові луски, внутрішнє — на два лодикули (утвори, що відкривають квітку). Тичинок три, рідше шість або багато; зав'язь утворена двома плодолистками. Характерною особливістю є стебло соломина. Соломина має вставний ріст завдяки меристемам, розташованим у вузлах. Листки сидячі, складаються з трьох частин: піхва, що охоплює стебло; язичок, що закриває вхід у піхву та запобігає потраплянню вологи; власне листкова пластинка. Суцвіття — складний колос або волоть. Представники: рис, пшениця, ячмінь, жито, кукурудза, сорго, пирій, тростина, бамбук.

Родина Лілійні

Близько 1,3 тис. видів. Багаторічні трав'янисті рослини, що утворюють цибулини. Квітки тричленні, оцвітина проста, шість пелюсток розташовані у два кола, шість тичинок, маточка утворена трьома зрослими плодолистками. Плід — коробочка або ягода. Представники: лілія, конвалія, тюльпан, проліска.

Родина Цибулеві

Близько 650 видів, за будовою подібна до лілійних. Суцвіття — зонтик або китиця. Представники: цибуля, часник.

ЦАРСТВО ГРИБИ

Гриби

Налічується близько 100 тис. видів грибів. Вони мають ряд ознак, характерних для тварин: гетеротрофне живлення, клітинна оболонка містить хітин, основна запасуюча речовина — глікоген, у результаті метаболізму утворюється сечовина.

При цьому гриби здатні до необмеженого росту, нерухомі та живляться шляхом всмоктування, що характерно для рослин. Вегетативне тіло гриба називається міцелієм або грибницею, воно складається з тонких розгалужених ниток — гіфів, які мають верхівковий ріст. Розмножуються гриби статевим, нестатевим і вегетативним способами.

Клас Ооміцети

Розвинений багатоядерний неклітинний міцелій. Нестатеве розмноження здійснюється зооспорами з двома джгутіками. Представник — рід фітофтора. Усі фітофторові ведуть паразитичний спосіб життя.

Клас Зигоміцети

Розвинений неклітинний міцелій, який у деяких видів у зрілому стані розділяється на клітини. До цього класу належать цвілеві гриби роду мукор. Вони викликають пліснявіння і псування продуктів харчування, деякі є паразитами внутрішніх органів людини та тварин. Основний спосіб розмноження — нестатевий, спори утворюються у спорангіях, піднятих над грибницею на спороніжках.

Клас Аскоміцети (сумчасті гриби)

Один із найбільших класів грибів, що включає близько 30 тис. видів. Характерна особливість класу — утворення під час статевого розмноження асків (сумок) — одноклітинних структур, що містять спори. Представники — дріжджі. Міцелій дріжджів утворюється клітинами, що розмножуються брунькуванням. Завдяки здатності до бродіння дріжджі використовують для приготування спиртних напоїв і випікання хліба. Представниками класу є також борошнесторосяні й ріжкові гриби. Борошнеста роса — паразит культурних рослин, розташовується на поверхні плодів і листків у вигляді білуватого нальоту, дуже знижує врожайність. Ріжкові є паразитами злакових культур. Алкалоїди ріжків роблять борошно з уражених зерен непридатним для випікання хліба. Зморшки мають харчове значення. Трюфель, плодове тіла якого утворюються під землею, є найдорожчим делікатесним грибом.

Клас Базидіоміцети

Близько 30 тис. видів багатоклітинних грибів, які утворюють спеціальні споротвірні органи — базидії. До базидіоміцетів належать так звані шапкові гриби, плодове тіло яких складається з ніжки та шапки. Лисичкові гриби вживаються в їжу. Трутові гриби є руйнівниками деревини. Сажкові та іржасті гриби — паразити рослин, в основному злаків.

Клас Дейтеромицети (недосконалі гриби)

Багатоклітинний міцелій. Життєвий цикл проходить у гаплоїдній стадії без зміни ядерних фаз. Усі представники класу розмножуються нестатевим шляхом. Надзвичайно різноманітні,

оскільки здатні зливатися один з одним, утворюючи міцелій з різними за генетичним складом ядрами. До цього класу належать цвілеві гриби роду пеніцил — джерело перших антибіотиків.

Багато грибів, особливо шапкових, здатні вступати в симбіоз з коренями рослин, утворюючи мікорізу. При цьому гриб отримує від рослини поживні речовини, а рослина від гриба — біологічно активні речовини, які стимулюють її ріст; також за допомогою грибних гіфів рослина збільшує всмоктування води з ґрунту.

Лишайники

Лишайники представлені більш ніж 20 тис. видів. В основі організації лишайників лежить помірний паразитизм гриба на водорості. Гриб і водорість вступають у тісні, довготривалі відносини і формують особливі морфологічні форми та шляхи метаболізму. Гриб є облігатним помірним паразитом. Він формує особливі гіфи — гаусторії, які проникають у клітини водоростей і слугують для обміну речовинами. Гриб поступово з'їдає вміст водорості, залишаючи при цьому резерв, оскільки знищення всієї водорості призведе до його загибелі. У свою чергу водорість отримує від гриба воду та мінеральні речовини.

Грибний компонент лишайників — мікобіонт — може бути представником класів Базидіоміцети, Аскоміцети або Фікоміцети. У вільноживучому стані мікобіонти в природі не зустрічаються, а в культурі ростуть дуже повільно й не утворюють плодкових тіл. Водоростевий компонент — фікобіонт — може бути представником відділів Зелені, Жовтозелені або Бурі водорості, а також Ціанобактерії. Фікобіонт зберігає здатність до автономного існування та розмноження, проте здатність переносити несприятливі умови зовнішнього середовища (у першу чергу перепади вологості та температури) помітно знижується.

Розмноження лишайників здійснюється статевим, нестатевим і вегетативним способами. Після висівання і проростання спор молодий міцелій утворює довгі тонкі пошукові гіфи для виявлення водоростей, які відповідають даному виду лишайника. Виявивши клітини водорості, гіфи мікобіонта відокремлюють їх від субстрату, оточують і починають формувати слань. Водорості у складі лишайника розмножуються, як правило, нестатевим способом.

Лишайники є багаторічними організмами, вік деяких екземплярів оцінюють у 300 і більше років. У високих широтах тундри та лісотундри лишайники складають значну частину рослинного покриву, будучи основними продуцентами органічних речовин.

ЦАРСТВО ТВАРИНИ

ПІДЦАРСТВО НАЙПРОСТІШІ, АБО ОДНОКЛІТИННІ

Будова

Клітина найпростішого — це самостійний організм, якому властиві всі життєві функції: обмін речовин, подразливість, розмноження, пересування в просторі.

Усі найпростіші належать до еукаріотів, їхні клітини мають оформлене ядро, в якому міститься генетичний матеріал. Від навколишнього середовища клітина відмежована клітинною мембраною, що виконує бар'єрну і захисну функції. У цитоплазмі розрізняють два шари: ектоплазму (зовнішній) і ендоплазму (внутрішній). В ендоплазмі розташовуються органели — постійні структури, що виконують певні функції. До органел, типових для еукаріотичних клітин, належать мітохондрії, ендоплазматичний ретикулум, рибосоми, апарат Гольджі, лізосоми, ядро. Разом із ними в цитоплазмі найпростіших присутні специфічні органели — травні та скоротливі вакуолі, базальне тільце (у джгутикових), очки.

Скоротлива вакуоля — це органела осморегуляції, яка контролює потік води в клітину. Скоротлива вакуоля особливо важлива для прісноводних форм. У цих найпростіших концентрація солей у цитоплазмі вища, ніж у навколишньому середовищі, тому вода за законами осмосу спрямовується в клітину. Вона накопичується у скоротливій вакуолі, а під час її скорочення виливається назовні. Інші функції скоротливої вакуолі: видільна — разом із водою назовні виводяться продукти обміну речовин; дихальна — з водою надходить розчинений кисень. У морських форм інтенсивність роботи скоротливої вакуолі залежить від солоності води; скоротлива вакуоля може бути відсутньою.

Травна вакуоля виконує функцію травлення. У її порожнину виділяються ферменти, що перетравлюють поглинені частинки їжі (органічні залишки, бактерії тощо).

Подразливість

Як і всім живим організмам, найпростішим притаманна подразливість — здатність реагувати на різні зміни навколишнього середовища. Подразливість одноклітинних має характер таксиса. Розрізняють позитивні таксиси — рух до джерела подразнення, і негативні — уникнення дії подразника. За типом подразника виділяють фототаксис (подразник — світло), хемотаксис (подразник — хімічні речовини) тощо.

Екологія

За типом живлення найпростіші можуть бути фототрофами та гетеротрофами. Деякі

одноклітинні, наприклад евгена зелена, в умовах яскравої освітленості поводяться як фототрофи, а в темряві, за наявності органічних речовин, переходять на гетеротрофний тип живлення.

Серед найпростіших зустрічаються вільноживучі (вільноплаваючі, прикріплені) та паразитичні форми. Вільноплаваючі здатні до активного руху, який забезпечується непостійними виростами клітини — псевдоподіями (амеби, радіолярії), джгутіками (хламідомонада, трипаносома), війками (інфузорії). Багато які з найпростіших утворюють колонії (вольвокс). У колонії кожна клітина є самостійною, але не завжди може існувати у вільноживучій формі. Деякі одноклітинні пристосувалися до паразитичного способу життя (дизентерійна амеба, малярійний плазмодій).

Тип саркомастигофори

До типу Саркомастигофори належить понад 25 тис. видів найпростіших (вільноживучих або паразитичних), органелами руху яких слугують псевдоподії або джгутіки. Іноді обидва ці типи органел існують одночасно або виникають послідовно у ході життєвого циклу. Живуть у морських і прісних водоймах. До цього типу належать класи Саркодові, Радіолярії, Джгутікові.

Клас Саркодові

Клітина саркодових покрита плазматичною мембраною, проте багато видів мають черепашку. Органелами руху та захоплення їжі у представників класу є непостійні вирости цитоплазми — псевдоподії (несправжні ніжки). Основна маса саркодових — мешканці морів; у прісноводних форм є скоротливі вакуолі, що забезпечують виведення з клітини надмірної кількості води. Харчуються саркодові водоростями, бактеріями й іншими найпростішими. Розмножуються як нестатевим, так і статевим способом.

Амеба протей — типовий представник саркодових. Живе в прісних водоймах, має розміри близько 0,5 мм. Ззовні тіло амеби покрите плазмалепою. Характерна особливість — відсутність постійної форми тіла; клітина утворює вирости — псевдоподії, за допомогою яких амеба пересувається. До складу псевдоподій входять як енто-, так і ендоплазма. В ендоплазмі міститься травна вакуоля та численні харчові включення, скоротлива вакуоля, ядро й інші органели. Захоплення їжі здійснюється шляхом фагоцитозу: несправжні ніжки обгортають харчову частинку, після чого відбувається її поглинання й утворення травної вакуолі.

Єдиний відомий спосіб розмноження в амеб — поділ. Процес починається з мітотичного поділу ядра, потім з'являється перетяжка, яка розділяє клітину на дві однакові половини, в кожну з яких відходить по одному ядру. У разі достатнього

живлення і помірної температури амеба ділиться один раз протягом двох діб.

Дизентерійна амеба паразитує в кишечнику людини і спричиняє тяжке захворювання — амебіаз. Це захворювання зустрічається рідко: у більшості випадків амеба живе в просвіті кишечника хазяїна, активно рухається і живиться бактеріями. Проте іноді вона вкоріняється в стінку кишки, руйнує епітелій, викликаючи утворення виразок, проникає в кров і починає житися еритроцитами. На певному етапі паразитування амеба потрапляє в пряму кишку, де перетворюється на цисту. Разом із калом цисти виводяться в навколишнє середовище і зберігають життєздатність 2—3 місяці. Вони розносяться мухами і можуть потрапляти на продукти харчування. У кишечнику людини оболонка цисти розчиняється і амеба починає паразитувати.

Форамініфери живуть виключно в солоній воді. Вони мають здатність концентрувати у своєму тілі кальцій з морської води та формувати черепашки з кальцій карбонату. Основна функція черепашки — захисна. Черепашки можуть бути як однокамерні, так і багатокамерні. У перегородках між камерами розташовані отвори, завдяки чому цитоплазма являє собою єдине ціле. Стінки черепашок у багатьох видів пронизані найдрібнішими порами, через які назовні виходять псевдоподії. Останні у форамініфер дуже тонкі й часто галузяться. Вони використовуються не тільки для руху, але й для захоплення їжі. У середині черепашок містяться цитоплазматичні органели та ядро.

Клас Радіолярії, або Променяки

Це великий клас морських найпростіших, що налічує в даний час 7—8 тис. видів. Розміри радіолярій варіюють від 40—50 мкм до 1 мм. Усі променяки — планктонні організми.

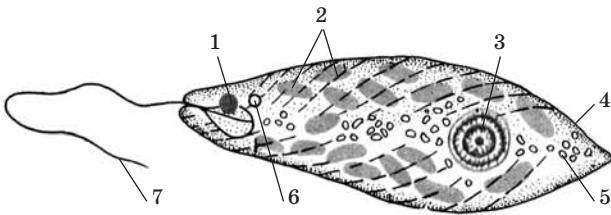
Ендоплазма та ядро радіолярій оточені мембраною, яка утворює так звану центральну капсулу. Стінки капсули пронизані порами, через які ендоплазма сполучається з ектоплазмою. Ектоплазма містить численні включення — жирові краплі, слиз (іноді одноклітинні зелені водорості, з якими радіолярії перебувають у симбіотичних стосунках). Ці включення зменшують щільність найпростішого і сприяють його пересуванню в товщі води. Окрім центральної капсули, радіолярії мають мінеральний скелет (у більшості випадків із силіцій оксиду), що виконує захисну функцію. Через пори скелета проходять численні псевдоподії.

Клас Джгутікові

Характерна особливість найпростіших цього класу — наявність джгутіка, биття якого забезпечує поступальний рух найпростішого у товщі

води. Кількість джгутиків варіює від одного до декількох десятків. Кожний джгутик складається з двох частин — зовнішньої, що забезпечує рух, і внутрішньої, зануреної в ектоплазму й утвореної базальним тільцем. Серед джгутикових є організми з автотрофним, гетеротрофним і змішаним типами живлення.

Евглена зелена — характерний представник джгутикових. Значно поширена в прісноводних водоймах. Евглена має один джгутик. У передній частині клітини розташоване яскраво-червоне вічко — стигма, яке виконує функцію визначення джерела світла (евглена проявляє позитивний фототаксис). У цитоплазмі присутні хлоропласти, що містять хлорофіл. Евглена здатна міняти характер живлення й обміну речовин залежно від умов середовища: за умов світла їй властивий фототрофний тип, у темряві — гетеротрофний.



Будова евглени зеленої:

1 — вічко, 2 — хлоропласти, 3 — ядро, 4 — плазмалема, 5 — поживні речовини, 6 — скоротлива вакуоля, 7 — джгутик

Вольвокс належить до колоніальних організмів. Колонії вольвоксу великі (до 0,9 мм), кулястої форми. Кожна колонія включає декілька тисяч клітин. Основна маса колонії складається з драглистої речовини — слизу, що продукується клітинами. Клітини розташовуються в периферійному шарі та зв'язані між собою найтоншими цитоплазматичними містками. Лише невелика кількість клітин колонії здатна ділитися. Вони переміщуються в центральну частину, де і розвиваються дочірні колонії. Коли розміри дочірніх колоній збільшуються настільки, що не можуть поміститися усередині материнської, остання гине, а дочірні виходять назвні.

Трипаносома — збудник сонної хвороби, паразитує в крові людини. Переносником трипаносом є муха цеце, значно поширена в Африці. Під час укусу людини, хворої на сонну хворобу, в кишечник мухи потрапляють трипаносоми, які там інтенсивно розмножуються. Потім вони активно проникають у слинні залози й хоботок комах. Унаслідок укусу мухою здорової людини трипаносоми потрапляють у кровоносне русло і, розмножуючись, спричиняють захворювання. Сонна хвороба за відсутності лікування перебігає дуже важко, характеризується нервово-психічними розладами, сонливістю, виснаженням організму, що призводить до смерті.

Тип споровики

Велика група найпростіших, які ведуть виключно паразитичний спосіб життя. Споровики пристосувалися до паразитування в кишечнику, нирках, кровоносній системі людини та тварин.

Малярійний плазмодій — збудник малярії. Цикл життя малярійного плазмодія дуже складний і перебігає зі зміною хазяїв: статевий процес відбувається в тілі комара роду *Anopheles* (основний хазяїн), а нестатеве розмноження — у тілі людини (проміжний хазяїн).

Нестатеве розмноження. У разі укусу самкою комара паразити (спорозоїти) проникають у кров людини і далі — у клітини печінки. Тут вони активно діляться з утворенням дочірніх особин (мерозоїтів), здатних укорінитися в еритроцити. У кров'яних клітинах мерозоїти активно діляться, руйнуючи гемоглобін. Через деякий час їх стає так багато, що еритроцит лопається, і паразити потрапляють у кров, укорінюються в нові еритроцити, і процес повторюється. Ці цикли пов'язані з нападами лихоманки і залежно від виду плазмодія повторюються кожні 72, 48 або 24 години. Лихоманка спричиняється продуктами життєдіяльності паразита, які у великій кількості потрапляють у кров унаслідок руйнування еритроцитів. Через декілька циклів нестатевого розмноження частина мерозоїтів перетворюється на гаметоцити — незрілі статеві форми. Для дозрівання гаметоцити мають потрапити в кишечник комара роду *Anopheles*.

Статеве розмноження. У кишечнику комах гамети зливаються з утворенням рухомої зиготи. Остання закріплюється на зовнішній поверхні кишечника комара, покривається оболонкою і починає ділитися. Формуються тисячі особин нестатевого покоління (спорозоїти). Оболонка лопається, і спорозоїти з потоком гемолімфи розносяться в слинні залози комара. Під час укусу вони потрапляють у кров людини, і цикл повторюється.

Тип інфузорії

Понад 7 тис. видів інфузорій заселили морські та прісні води, ґрунт, багато з них пристосувалося до паразитизму.

Інфузорія туфелька — велике найпростіше (довжина тіла дорівнює 0,2 мм); дістала свою назву через форми клітини. Характерна особливість — наявність безлічі війок (до 15 тис.) по всій поверхні тіла. Війки перебувають у безперервному русі, забезпечуючи швидке переміщення інфузорії у просторі. Війки влаштовані так само, як і джгутики.

ПІДЦАРСТВО БАГАТОКЛІТИННІ

Основними еволюційними особливостями будови багатоклітинних є:

- 1) багатоклітинність;
- 2) симетрія (радіальна, двобічна);
- 3) диференціювання клітин за будовою та функціями;
- 4) поява клітин, спеціалізованих для розмноження.

Тип губки

Губки — примітивні багатоклітинні тварини, які ведуть прикріпленій спосіб життя. Вважається, що перші представники цього типу з'явилися в протерозойську еру. На сьогодні відомо понад 3 тис. видів губок; розміри варіюють від 1—2 мм до 2 м. Губки поширені в прісних і солоних водах усіх кліматичних зон, представлені як поодинокими, так і колоніальними формами. Незважаючи на таку різноманітність, усі губки мають загальний план будови, що дозволяє об'єднати їх в один тип:

- 1) клітини тіла диференційовані та мають тенденцію до утворення тканин;
- 2) тіло складається з двох шарів клітин — ектодерми й ентодерми, між якими міститься драглиста речовина — мезоглея;
- 3) майже завжди є внутрішній скелет (вапняковий, кремнієвий), який виконує опорну функцію.

Будова

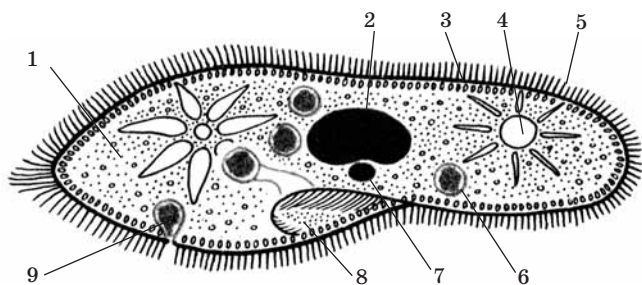
У багатьох губок тіло має вид келиха або мішечка, прикріпленого до субстрату (дна, каменів, черепашок). У верхній частині розташований отвір — устя (оскулум), через яке порожнина тіла губки (атріальна порожнина) сполучається з навколишнім середовищем. Стінка тіла складається з двох шарів — екто- й ентодерми. В ектодермі містяться плоскі клітини, які утворюють покривний епітелій. Ентодерма складається з клітин, які мають джгутик, — хоаноцитів. У мезоглею занурені: 1) опорні клітини, що формують скелет; 2) амебцити, що мають псевдоподії, беруть участь у травленні, здатні перетворюватися на інші види клітин; 3) статеві клітини. Стінка тіла губки пронизана численними наскрізними порами, у яких містяться хоаноцити. Скелет складається з безлічі голок (спікул), що мають різноманітну форму та розміри. В утворенні скелета бере участь спонгін — речовина, яка скріплює голки між собою.

Живлення, дихання, виділення

Живлення, дихання та виділення у губок здійснюються за допомогою безперервного потоку води крізь тіло. Завдяки ритмічній роботі джгутиків хоаноцитів вода нагнітається в пори, потрапляє

Ектоплазма інфузорії має досить складну будову і забезпечує постійну форму клітини найпростішого. На одному боці у тувельки є заглибина — рот (перистом), у якому розташовані довгі війки, що забезпечують надходження поживних речовин у клітину. Кожна з двох скоротливих вакуолей складається з центрального резервуара та декількох привідних каналців, по яких у резервуар стікає надмірна кількість рідини. Під час його скорочення рідина виливається назовні. Травна вакуоля інфузорій рухається з потоком цитоплазми. Неперетравлені залишки їжі викидаються через порошицю, яка міститься в певній ділянці тіла.

В інфузорії є два ядра, різні за формою і кількістю генетичного матеріалу. Більше ядро — макронуклеус — містить більше ДНК, характеризується високим рівнем транскрипції, що пов'язано з його участю в процесах синтезу білка. Менше ядро — мікронуклеус — бере участь у процесах розмноження.



Будова інфузорії тувельки:

- 1 — цитоплазма, 2 — велике ядро (макронуклеус),
- 3 — плазмалема, 4 — скоротлива вакуоля, 5 — війки,
- 6 — травна вакуоля, 7 — мале ядро (мікронуклеус),
- 8 — рот, 9 — порошиця

Розмноження інфузорії може відбуватися як нестатевим способом (поділом), так і статевим. Звичайно статевий процес чергується з кількома циклами нестатевого розмноження. У разі нестатевого розмноження посередині тіла інфузорії утворюється перетяжка, і з однієї особини формуються дві. Цьому процесу передують мітотичний поділ обох ядер, їх розходження до різних полюсів клітини, синтез війок та інших органел.

Час від часу у тувельки спостерігається статевий процес, що дістав через свої особливості назву кон'югація. Під час кон'югації дві інфузорії зближуються і тісно злипаються черевними поверхнями. У цей період макронуклеус руйнується, а мікронуклеус (диплоїдний) ділиться шляхом мейозу з утворенням гаплоїдних ядер. Одне з них переміщується в сусідню інфузорію, де зливається з другим (нерухомим) ядром. У результаті злиття в кожній інфузорії утворюється одне диплоїдне ядро. Через деякий час кон'югуючі особини розходяться. Таким чином, важлива особливість статевого процесу інфузорій — відсутність гамет.

в атріальну порожнину і через устя виводиться назовні. Завислі у воді залишки відмерлих організмів і найпростіші захоплюються хоаноцитами, передаються амебоцитам і розносяться ними по всьому тілу. Захоплення поживних частинок відбувається шляхом фагоцитозу; травлення у губок внутрішньоклітинне. Неперетравлені залишки викидаються в порожнину та виводяться назовні. Для дихання використовується розчинений у воді кисень, який поглинається всіма клітинами тіла. Вуглекислий газ також виводиться в розчиненому стані.

Розмноження

Розмножуються губки як статевим, так і нестатевим шляхом. У разі статевого розмноження зрілий сперматозоїд однієї губки виходить через устя і з потоком води потрапляє в порожнину іншої, де за допомогою амебоцитів доставляється до зрілої яйцеклітини. Дроблення зиготи та формування личинки, окрім деяких винятків, відбувається усередині материнського організму. Личинка зазнає ряд складних змін, виходить через устя в навколишнє середовище, прикріплюється до субстрату й перетворюється на дорослу губку. Нестатеве розмноження здійснюється брунькуванням або фрагментацією. У разі брунькування дочірня особина утворюється на материнській і містить, як правило, усі види клітин. Унаслідок фрагментації тіло губки розпадається на частини, кожна з яких за сприятливих умов дає початок новому організму. Губки мають високу здатність до регенерації.

Екологія

Головною причиною, що перешкоджає масовому розповсюдженню губок, є відсутність відповідного субстрату. Більшість губок не можуть жити на мулистому дні, оскільки частинки мулу закупорюють пори, що призводить до загибелі тварини. Великий вплив на поширення мають солоність і рухливість води, температура.

Тип кишквопорожнинні

Кишквопорожнинні — примітивні багатоклітинні водяні організми, що виникли в протерозойську еру. Відомо до 9 тис. видів, серед яких є вільноплаваючі, прикріплені та колоніальні форми. Усім представникам типу властиві такі особливості:

- 1) тіло складається з двох шарів — екто- й ентодерми, між якими є мезоглея;
- 2) в ектодермі містяться жалкі клітини, отрута яких паралізує жертву й відлякує ворогів;
- 3) тіло має променеву симетрію;
- 4) вперше з'являється нервова система;
- 5) намічається тенденція до порожнинного травлення, яке відбувається в гастральній (кишковій) порожнині.

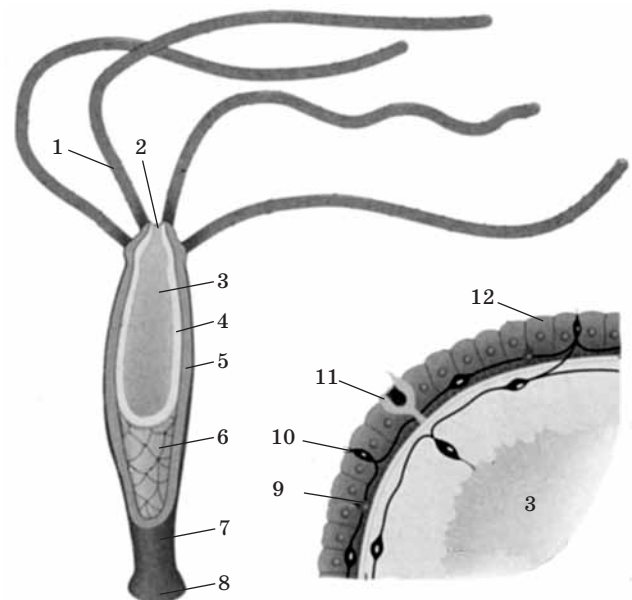
Унікальною особливістю кишквопорожнинних є наявність жалких клітин. Кожна жалка клітина має капсулу, заповнену отрутою; у капсулу занурена згорнута жалка нитка. На поверхні клітини розташований чутливий волосок (кнідоциль), у разі дотику до якого жалка нитка, рясно змочена отрутою, викидається назовні та встромлюється в тіло жертви. Отрута кишквопорожнинних має нервово-паралітичну дію.

У типі Кишквопорожнинні виділяють три класи: Гідроїдні, Сцифоїдні, Коралові поліпи.

Клас Гідроїдні

Клас об'єднує близько 4 тис. видів морських і прісноводних форм. Будова гідроїдних розглядається на прикладі прісноводної гідри.

Будова



Будова прісноводної гідри:

- 1 — щупальце, 2 — рот, 3 — гастральна порожнина, 4 — ентодерма, 5 — мезоглея, 6 — нервова сітка, 7 — ектодерма, 8 — підошва, 9 — недиференційована клітина, 10 — нервова клітина, 11 — жалка клітина, 12 — епітеліально-м'язова клітина ектодерми

Гідра — це поліп (від грец. — багатоніг), що має видовжену форму. На передньому кінці розташований ротовий отвір, оточений віночком із 5—12 щупалець, на задньому — підошва, за допомогою якої тварина прикріплюється до субстрату. Ротовий отвір веде в кишкову (гастральну) порожнину. Стінка тіла складається з екто- й ентодерми, а між ними міститься драглиста маса — мезоглея. Ектодерма утворена епітеліально-м'язовими клітинами, в яких розрізняють тіло (виконує покривну функцію) і довгий відросток, обернений до мезоглеї. Відросток має м'язове волокно; сукупність відростків дає можливість щупальцям і тілу гідри стискатися у разі дії подразників. В ектодермі також містяться жалкі, нервові, статеві та недиференційовані клітини. Нервові клітини мають довгі відростки, які утворюють

у сукупності нервову сітку. Така нервова система розглядається як найпримітивніша й називається дифузною. Ентодерма представлена двома типами клітин: епітеліально-м'язовими та залозистими. Перші, як і відповідні клітини ектодерми, мають відростки і також беруть участь у рухах гідри. Крім того, вони несуть 2—5 тонких джгутиків, спрямованих у кишкову порожнину, і виконують важливу роль у процесах живлення. Залозисті клітини продукують ферменти, що беруть участь у перетравлюванні їжі.

Живлення та виділення

Гідра, як і інші кишковопорожнинні, — хижак; харчується дрібними водяними тваринами, личинками комах, інфузоріями. Здобич позбавляється рухомості отрутою жалких клітин, а потім щупальцями проштовхується до ротового отвору й далі в кишкову порожнину. Грудочки їжі фагоцитуються епітеліально-м'язовими клітинами ентодерми, перетравлюються та розносяться по всьому тілу. Неперетравлені продукти виводяться через ротовий отвір.

Рух

Гідри — малорухливі тварини; більшу частину часу проводять у прикріпленому стані. Пересуваючись, вони по черзі прикріплюються до поверхні то ротовим кінцем тіла, то підошвою.

Розмноження

Прісноводна гідра розмножується нестатевим (вегетативним) і статевим шляхом. У разі статевого розмноження (відбувається восени) в ектодермі одних гідр утворюється велика яйцеклітина, яка залишається сполученою з тілом. Інші особини продукують сперматозоїди, які розносяться потоком води. Один із сперматозоїдів проникає до яйцеклітини та запліднює її. Після запліднення яйцеклітина вкривається оболонками й зимує, тоді як дорослі особини з настанням холодів гинуть. Навесні з оболонок виходить маленька гідра. Личинкова стадія у гідр відсутня.

Нестатеве (вегетативне) розмноження здійснюється брунькуванням: на тілі гідри утворюється брунька (одна або декілька), яка поступово росте й відділяється від материнського організму.

У морських гідроїдних процес розмноження перебігає складніше. У них спостерігається закономірне чергування статевого та нестатевого поколінь. Нестатеве покоління — поліп, розмножується тільки брунькуванням. Проте з деяких бруньок утворюються не поліпи, а маленькі медузки (гідромедузи). Це статеве покоління. Гідромедузи активно пересуваються, у них розвиваються статеві залози, дозрівають гамети. Сперматозоїди та яйцеклітини викидаються просто у воду, де й відбувається запліднення. Із зиготи розвивається личинка, яка прикріплюється до дна та дає початок нестатевому поколінню — поліпу. У колоніальних морських гідроїдних утворений поліп є засновником нової колонії.

Клас Сцифоїдні

Клас представлений 200 видами медуз, що живуть виключно в солоній воді.

Будова

Тіло сцифоїдної медузи (купол) має форму парасольки або дзвона. У центрі нижнього боку купола розташований ротовий отвір, по краях — щупальця, рясно вкриті жалкими клітинами. Деякі щупальця медуз видозмінюються, дуже зменшуються в розмірах і несуть органи чуттів — вічка (світлочутливі органи) і статоцисти (органи рівноваги). Нервова система сцифоїдних дифузного типу, у ділянці щупалець спостерігається концентрація нервових клітин. Рот веде до великої гастральної порожнини, бічні вирости (радіальні канали) якої часто відкриваються у замкнений кільцевий канал, що йде по периферії парасольки. Така система дає можливість рівномірного розподілу поживних частинок по тілу медузи.

Розмноження

Медузи роздільностатеві. У життєвому циклі сцифоїдних спостерігається чергування поколінь — статевого та нестатевого. Вільноживучі медузи становлять собою статеве покоління, що розмножується тільки статевим шляхом з утворенням чоловічих і жіночих гамет. Унаслідок дроблення зиготи розвивається личинка. Личинка прикріплюється до субстрату; на її верхньому кінці утворюються ротовий отвір і віночок щупалець; вона перетворюється на поліп — нестатеве покоління. Поліпи сцифоїдних ведуть прикріплений спосіб життя і не утворюють колоній. Від поліпа починають відгалужуватися диски — маленькі медузи. Вони рухливі, активно живляться, ростуть і невдовзі перетворюються на дорослих медуз, що розмножуються статевим шляхом.

Клас Коралові поліпи

Клас включає велику групу морських кишковопорожнинних, що налічує до 6 тис. видів, переважно колоніальних.

Будова

Тіло поліпа має циліндричну форму, ротовий отвір оточений віночком щупалець. Гастральна порожнина розділена перегородками на камери, що сполучаються між собою. У стінках перегородок зосереджені залозисті клітини, які виділяють у порожнину ферменти.

У коралових поліпів з'являються м'язові клітини, які містяться в мезоглеї та утворюють м'язові шари. Більшість коралів мають мінеральний або вапняковий скелет.

Розмноження

Чергування поколінь у коралів не виявлено. Личинка, що розвивається із зиготи, прикріплюється до субстрату. На її верхньому кінці утворюється

ротовий отвір і віночок щупалець. У колоніальних форм перший поліп — засновник колонії — вибувнує на собі дочірні поліпи, які не відділяються, а залишаються сполученими між собою. У поліпах, які складають колонію, дозрівають чоловічі та жіночі гамети. Цикл повторюється.

Тип плоскі черви

Тип налічує понад 12 тис. видів, серед яких є як вільноживучі, так і паразитичні форми. Перші представники виникли наприкінці протерозойської ери.

Еволюційні особливості плоских червів:

- 1) виникнення мезодерми — джерела формування нових органів;
- 2) подальше диференціювання клітин, поява м'язової тканини, представлена окремими м'язовими волокнами;
- 3) білатеральна (двобічна) симетрія тіла;
- 4) формування систем органів: нервової, з концентрацією нервових клітин біля переднього краю тіла; травної, що включає передній і середній відділи; видільної, представлена протонефридіями; статевую, що складається зі статевих залоз та їхніх придатків.

Будова

Тіло плоских червів являє собою шкірно-м'язовий мішок, що складається із шару епітеліальних клітин (покривний епітелій) і трьох шарів м'язів — кільцевого (зовнішнього), діагонального (проміжного) та поздовжнього (внутрішнього). Простір між органами заповнений особливою тканиною — паренхімою, утвореною з клітин, які мають відростки.

Нервова система складається з нервового вузла на передній частині тіла та поздовжніх нервових стовбурів, що відходять від нього. Останні сполучені між собою поперечними перетинками. У багатьох видів є примітивні органи чуттів — очі та статочисти.

Система виділення представлена протонефридіями — системою каналів, які пронизують усе тіло тварини й відкриваються назовні порами. Кінцевий відділ протонефридія утворений особливою клітиною з безліччю війок, ритмічний рух яких створює потік рідини каналами до пор.

Дихальна та кровоносна системи відсутні. Поглинання кисню і виділення вуглекислого газу здійснюється всією поверхнею тіла.

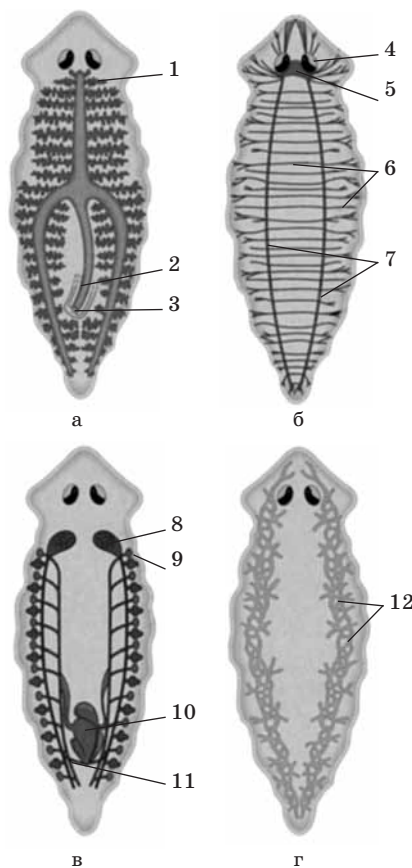
Травна і статева системи у різних представників мають у край різноманітну будову. Характерною особливістю всіх плоских червів є гермафродитизм.

Систематика

Тип Плоскі черви включає класи: Війчасті черви, Сисуни, Стюжкові черви. Останні два класи представлені виключно паразитичними формами.

Клас Війчасті черви, або Турбеларії

Переважає більшість війчастих червів — вільноживучі види. Типовий представник класу — молочно-біла планарія, хижак, мешканець прісних вод.



Внутрішня будова планарії:

a — травна система:

- 1 — вирости кишечника,
- 2 — глотка,
- 3 — рот;

б — нервова система:

- 4 — очі,
- 5 — нервовий вузол,
- 6 — поперечні нерви,
- 7 — поздовжні нервові стовбури;

в — статева система:

- 8 — яєчник,
- 9 — сім'яник;
- 10 — копулятивний орган,
- 11 — вивідна протока;

г — система виділення:

- 12 — канали протонефридів

Покриви. У покривному епітелії планарій є два види клітин: війчасті та залозисті, які секретують слиз. Завдяки узгодженому рухові війок і слизовому чохла планарії швидко пересуваються у товщі води. Слиз виконує також захисну функцію. Під епітелієм розташовані три шари м'язових волокон: кільцевий, діагональний, поздовжній.

Живлення, травлення, виділення. Планарія живиться дрібними молюсками, членистоногими. Ротовий отвір розташований на черевному боці й веде до глотки, яка продовжується розгалуженим, сліпо замкненим кишечником. У просвіт кишки виділяються травні ферменти, проте велику роль виконує внутрішньоклітинне травлення. Неперетравлені залишки викидаються через рот. Розчинені продукти обміну виводяться каналами протонефридів.

Статева система. Турбеларії — гермафродити. Кожна особина має чоловічі (сім'яники) та жіночі (яєчники) статеві залози. Перші продукують сперматозоїди, а другі — яйцеклітини. Сперматозоїди однієї особини виходять крізь спеціальні вивідні протоки і за допомогою копулятивного органа потрапляють у жіночі статеві шляхи іншої особини, де запліднюють яйцеклітину. Таке запліднення називається внутрішнім, оскільки воно відбувається не в навколишньому

середовищі, а в спеціалізованих утворах тіла. Ще одна особливість: запліднення перехресне.

Деякі турбеларії здатні до нестатевого (вегетативного) розмноження, у разі якого тіло тварини розділяється на дві частини.

Клас Сисуни (Трематоди)

Зберігаючи всі основні ознаки типу Плоскі черви, сисуни характеризуються специфічними особливостями, зумовленими паразитичним способом життя:

- 1) наявність спеціальних органів прикріплення (присосків, гачків);
- 2) тенденція до спрощення травної системи і здатність всмоктувати поживні речовини крізь покриви тіла;
- 3) відсутність в'язкого епітелію;
- 4) високий рівень розвитку статевої системи та складні життєві цикли зі зміною хазяїв.

Зовнішня будова. Форма тіла сисунів сплюснена, листоподібна. Є два присоски — передній (ротовий), у глибині якого розташований рот, і задній (черевний). Покриви не несуть війок, шари м'язів добре розвинені.

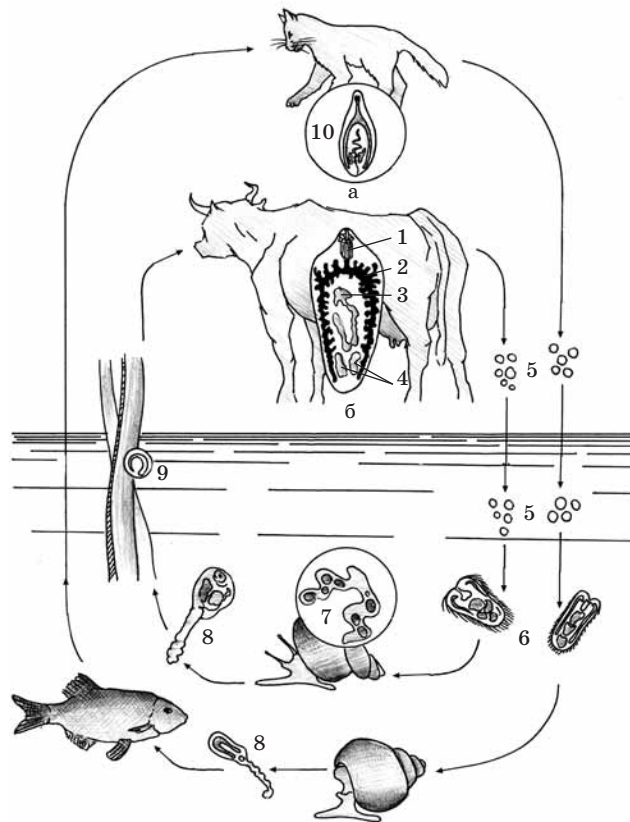
Нервова система представлена нервовими гангліями та поздовжніми нервовими стовбурами. Органи чуттів спрощені у зв'язку з паразитичним способом життя.

Травна система. Рот веде до м'язистої глотки, яка виконує роль насоса під час ковтання їжі. Кишечник закінчується сліпо, але має у великих форм безліч вирастків. У багатьох сисунів, добре пристосованих до паразитизму, травна система спрощується. Ці види здатні всмоктувати поживні речовини всією поверхнею тіла.

Статева система. Більшість сисунів — гермафродити. Чоловіча статевая система представлена двома сім'яниками, сім'явивідними протоками та копулятивним органом. Жіноча статевая система складається з яєчника і складної системи каналів, якими виводиться яйцеклітина. Незважаючи на гермафродитизм, запліднення у більшості сисунів перехресне: чоловічі гамети однієї особини запліднюють яйцеклітину іншої, і навпаки.

Життєві цикли сисунів ми розглянемо на прикладі двох видів, що паразитують в організмі ссавців, — печінкового сисуна та котячого сисуна. Печінковий сисун паразитує в жовчних протоках печінки великої рогатої худоби та людини. Яйця паразита (яйцеклітина, оточена жовтковими клітинами — джерелом поживних речовин) виводяться в зовнішнє середовище з випорожненнями й мають потрапити у воду. З яйця виходить рухома личинка, яка має проникнути в тіло моллюска малого ставковика (проміжний хазяїн). У тілі моллюска вона зазнає у будові змін, пов'язаних зі спрощенням багатьох систем,

і перетворюється на дорослий організм, відмінний від особини гермафродита, — спороцисту. Спороциста здатна до розмноження шляхом партеногенезу. Личинки, що виходять з яєць, залишають тіло ставковика, прикріплюються до рослини і вкриваються оболонкою. У такому вигляді вони довго зберігають життєздатність. Худоба (остаточний хазяїн) заражується паразитами, споживаючи траву. У кишечнику тварин оболонка розчиняється, і личинка перетворюється на дорослу особину гермафродита — сисуна. Людина може заразитися, випивши сиру воду з дрібних водоймищ.



Життєві цикли котячого сисуна (а) і печінкового сисуна (б):

1 — глотка і ротовий присосок статевозрілої гермафродитної особини в жовчних протоках великої рогатої худоби, 2 — розгалужений кишечник, 3 — матка, 4 — сім'яники, 5 — яйця, 6 — рухома личинка, 7 — спороцисти, 8 — партеногенетична личинка, 9 — інцистування личинки, 10 — гермафродитна особина котячого сисуна

У циклі розвитку печінкового сисуна спостерігається зміна хазяїв. В остаточному хазяїні відбувається статеве розмноження, у проміжному — партеногенетичне.

Котячий сисун має подібний життєвий цикл, але у нього два проміжні хазяї. Перший — моллюск. Личинки, що залишають моллюска, прикріплюються до другого проміжного хазяїна — риби (плотва, лящ). З'їдаючи рибу, кішки, собаки й інші рибоїдні ссавці заражуються паразитом. Людина може заразитися внаслідок вживання мороженої або недостатньо просолоної риби.

Клас Стьожкові черви (Цестоди)

Зовнішня будова. Тіло стьожкових червів стрічкоподібне, поділене на членики — від декількох члеників в ехінокока до декількох тисяч у бичачого ціп'яка. На передньому кінці тіла розташована голівка (сколекс), яка має органи прикріплення — присоски та гачечки. На голівці є безліч чутливих волосків — органів дотику.

Травна система. Стьожкові черви повністю втратили травну систему. Вони всмоктують поживні речовини поверхнею тіла. Покриви тіла мають безліч виростів — ворсинок, які значно збільшують їхню поверхню та полегшують всмоктування.

Статеві системи. У кожному членику в більшості видів містяться чоловічі та жіночі статеві органи. Запліднення часто перехресне, але можливе й самозапліднення — у такому випадку сперматозоїди одного членика потрапляють у жіночі статеві шляхи іншого. У життєвому циклі відбувається зміна хазяїв.

У кишечнику людини ціп'як періодично відокремлює зрілі членики, виводячи за добу близько 5 млн яєць. Із випорожненнями яйця потрапляють на траву, і разом із нею можуть заковтуватися великою рогатою худобою — проміжним хазяїном. У кишечнику тварин з яєць виходять личинки, які проникають у кровеносні судини й розносяться по тілу. Найчастіше вони укорінюються в м'язах, де перетворюються на фіни — міхурці розміром із горошину, у порожнині яких міститься одна або декілька сформованих голівок червів. Людина — остаточний хазяїн — заражається ціп'яком, коли споживає недостатньо просмажену або проварену яловичину. Із фінів виходить молодий паразит, який прикріплюється до кишечника і живиться в основному вуглеводами, всмоктуючи їх усією поверхнею тіла.

Свинячий ціп'як небезпечніший для людини. Його життєвий цикл подібний до циклу бичачого ціп'яка, але проміжним хазяїном є свині.

Крім того, фіни можуть утворюватися не тільки в тілі свині, але й в організмі людини, якщо яйця ціп'яка потраплять у кишечник. Фіни локалізуються в м'язах, головному мозку, очних яблуках.

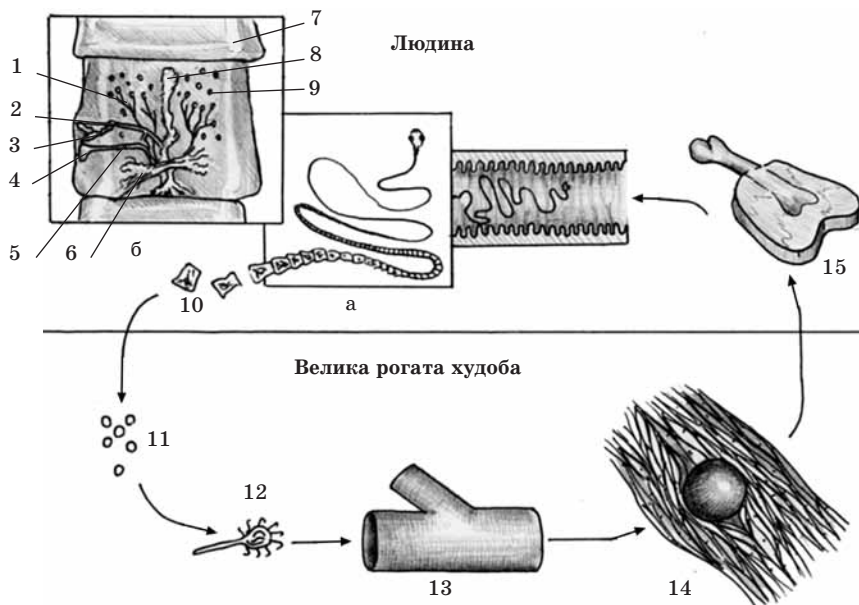
Ехінокок паразитує в кишечнику хижих ссавців, наприклад вовків, собак. Членики, наповнені яйцями, потрапляють з випорожненнями на траву і далі в травний тракт проміжних хазяїв — овець, кіз, корів. З яєць виходять личинки, проникають у печінку, легені й інші внутрішні органи, де перетворюються на наступну стадію — ехінококовий міхур (різновид фіни), діаметр якого варіює від декількох міліметрів до метра. Свійські собаки (остаточні хазяї) заражуються міхурами внаслідок поїдання нутрощів тварин. Люди можуть заразитися яйцями ехінокока від своїх домашніх улюбленців. Членики, що відокремилися, здатні активно пересуватися і «розповзаються» по шерсті собак. Ехінококові міхури в тілі людини поволі розвиваються, стискаючи й руйнуючи внутрішні органи. Розриви міхурів можуть призводити до смерті. Лікування здійснюється хірургічним шляхом.

Тип круглі черви

Тип налічує близько 20 тис. вільноживучих і паразитичних видів, що включають морські, прісноводні та ґрунтові форми. Круглі черви походять, імовірно, від примітивних плоских червів, подібних до сучасних турбеларій.

Еволюційні особливості будови:

- 1) втрата паренхіми та поява первинної порожнини тіла — щілини між внутрішніми органами та стінкою тіла, заповненою рідиною;
- 2) подальше диференціювання м'язової тканини на окремі тяжі поздовжніх м'язів;
- 3) поява задньої кишки, що відкривається назовні задньопрохідним (анальним) отвором.



Життєвий цикл бичачого ціп'яка:

a — статевозріла особина в кишечнику людини; *б* — зрілий членик і будова гермафродитної статевої системи:

- 1 — сім'явидні протоки,
- 2 — сім'япровід,
- 3 — копулятивний орган,
- 4, 5 — жіночі статеві шляхи,
- 6 — яєчник,
- 7 — видільні канали,
- 8 — матка,
- 9 — сім'яники,
- 10 — зрілі членики з яйцями, що відокремилися від тіла ціп'яка,
- 11 — яйця,
- 12 — личинка,
- 13 — кровеносна судина,
- 14 — м'язи з фіною,
- 15 — м'ясо, що пройшло недостатньо термічну обробку

Зовнішня будова

Тіло кругле в поперечному зрізі. Стінка тіла складається з еластичної та щільної кутикули, яка виділяється клітинами епітелію; епітеліального покриву; м'язів, які являють собою чотири поздовжні м'язові тяжі.

Нервова система розвинена більше, ніж у плоских червів. Спостерігається концентрація нервових вузлів біля переднього кінця тіла й утворення навкологлоткового нервового кільця. Від нього відходять поздовжні нервові стовбури, сполучені перетинками. У багатьох круглих червів розвинені органи дотику, хімічного чуття.

Травна система наскрізна і ділиться на три відділи: передню, середню та задню кишку. Поява задньої кишки дуже вигідна в еволюційному плані, оскільки це дозволило перетворити процес травлення з циклічного на безперервний. У деяких паразитичних нематод з'являється позакишкове травлення, за якого ферменти виводяться в зовнішнє середовище, а напіврідка харчова кашка поглинається за допомогою спеціально пристосованого ротового апарата.

Система виділення двох типів: 1) канали виділення, що тягнуться уздовж усього тіла; 2) особливі клітини, що виділяють розчинні продукти обміну на поверхню тіла.

Статеву систему і розмноження. Круглі черви роздільностатеві. Самці мають сім'яники, сім'явивідні протоки і копулятивний орган; самки — яєчники та яйцепроводи. Чоловічі гамети не мають джгутиків, пересуваються амебоїдними рухами, тому дістали назву спермії.

Різноманітність

Серед круглих червів немало вільноживучих видів, що заселили дно морів, прісні води, ґрунт. Багато нематод перейшли до паразитичного способу існування. Список видів, на яких паразитують нематоди, величезний: рослини (наприклад стеблова нематода картоплі, що викликає суху гнилизну бульб), черви, членистоногі, птахи, ссавці та людина. Розглянемо цикл розвитку представників, що мають найбільше медичне значення.

Людська аскарида паразитує в тонкому кишечнику людини. Довжина тіла самок досягає 40 см, самців — 25 см. Запліднені яйця виводяться назовні з калом — для їхнього розвитку обов'язково потрібен кисень. На повітрі розвивається личинка, яка не розриває оболонки яйця і має потрапити в організм людини. Зараження відбувається через їжу, на яку яйця паразита можуть бути занесені мухами, тарганами. У тонкому кишечнику людини личинки звільняються від оболонки яйця, проникають у кровоносну систему, по ній — у капіляри легень, далі — в альвеоли, бронхи, глотку. Потім повторно заковтуються і знову потрапляють у тонкий кишечник, де перетворюються на дорослих аскарид.

Таким чином, у життєвому циклі аскариди, як і більшості нематод, є тільки один хазяїн.

Гострик паразитує в прямій кишці людини, головним чином у дітей. Він живиться вмістом кишки та бактерійною флорою. Для дозрівання запліднених яєць необхідний кисень, тому самка ночами виповзає крізь анальний отвір назовні, відкладає яйця, що викликає свербіж у ділянці промежини. Яйця з личинками, що розвиваються в них, залишаються під нігтями дитини і легко потрапляють до рота, досягають товстого кишечника і перетворюються на дорослі особини.

Тип кільчасті черви, або кільчаки

Описано близько 8 тис. видів кільчастих червів, що відрізняються різноманітністю внутрішньої організації. У типі виділяють три класи: Багатощетинокві, Малощетинокві, П'явки. Кільчасті черви, ймовірно, походять від турбеларій.

Еволюційні особливості будови:

- 1) поява вторинної порожнини тіла (целому), яка відрізняється від первинної тим, що має власну стінку, утворену епітелієм;
- 2) виникнення кровоносної системи;
- 3) організація нервової системи за типом червеного нервового ланцюжка;
- 4) поява нового типу системи виділення — метанефридальної;
- 5) розчленовування тіла на сегменти (метамерія).

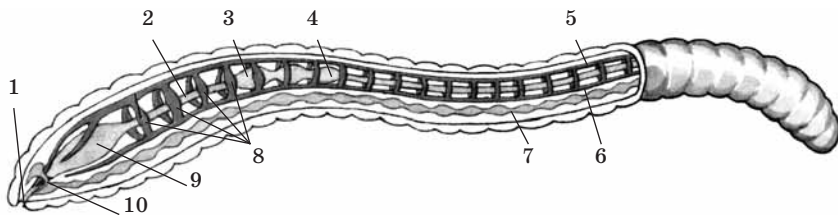
Сегментація тіла — основна ознака кільчастих червів. Метамерія виникає в процесі еволюції внаслідок подовження тіла. Число сегментів різне — від 5—6 до 500—600.

У кільчастих червів формуються параподії — органи руху у вигляді виростів тіла кожного сегмента, з яких назовні направлені війки. Параподії добре розвинені у багатощетиноквих, а в малощетиноквих від них залишаються лише щетинокві; п'явки позбавлені навіть щетинок.

У багатьох представників типу (наприклад дощового черв'яка) дихальна система відсутня. Проте деякі багатощетинокві мають «зябра» — вирости шкірного покриву, розташовані на голові або параподіях.

Дощовий черв'як — характерний представник класу Малощетинокві.

Зовнішня будова. У тілі дощового черв'яка виділяють голову і тулуб, який поділений на окремі кільця — сегменти. Кожний сегмент (за винятком першого) несе чотири пучки війок — органів руху. Стінка тіла складається з декількох шарів: 1) тонкої неклітинної кутикули, що виділяється епітеліальними клітинами; 2) шкірного епітелію з одного шару клітин;



Внутрішня будова дощового черв'яка:

1 — рот, 2 — стравохід, 3 — зуб, 4 — шлунок, 5 — спинна кровоносна судина, 6 — черевна кровоносна судина, 7 — черевний нервовий ланцюжок, 8 — кільцеві судини, 9 — глотка, 10 — навкологлоткове нервово кільце

3) двох шарів мускулатури — зовнішнього кільцевого і внутрішнього поздовжнього; 4) епітелію, що обмежує целом.

Целом заповнений рідиною і розділений тонкими перегородками на окремі відсіки, які відповідають зовнішній сегментації. Завдяки такому пристрою пошкодження одного або декількох кілець черв'яка не призводить до витікання всієї рідини та загибелі тварини. Целомічна рідина виконує такі функції: 1) через нестискуваність є гідравлічним скелетом; 2) перебуває в русі й переносить по тілу кисень, вуглекислий газ, харчові частинки та продукти виділення.

Нервова система характеризується концентрацією нервових клітин біля переднього краю тіла. Надглотковий нервовий вузол великий (його іноді називають головним мозком). Нижче розташований підглотковий вузол. Вузли сполучені двома тяжками, що охоплюють глотку з утворенням навкологлоткового нервового кільця. На черевному боці тіла утворюється єдиний нервовий стовбур — черевний нервовий ланцюжок, що починається від підглоткового нервового вузла. У кожному сегменті він утворює нервовий вузол, від якого відходять нерви. З органів чуттів розвинений дотик. Очі у більшості кільчастих червів відсутні, але вони є у багатоцетинкових.

Травний канал проходить уздовж усього тіла від ротового отвору до анального. Він підрозділяється на відділи: рот, глотку, стравохід, волю, шлунок, середню та задню кишку.

Кровоносна система замкненого типу. Кров тече по спинній і черевній судинах, від яких у кожному сегменті відходять до внутрішніх органів і м'язів кільцеві судини меншого діаметру. У шкірі утворюється густа мережа капілярів. Серця немає; його роль виконує спинна судина, стінки якої здатні до ритмічних скорочень, а також деякі пульсуючі кільцеві судини. Кров у дощового черв'яка містить гемоглобін і виконує функцію транспорту кисню та вуглекислого газу.

Дихання здійснюється всією поверхнею тіла. Кисень дифундує в капіляри шкіри і доставляється до органів.

Система виділення складається з метанефридів — по два в кожному сегменті. Метанефридів становить собою канал, що відкривається лійкою в целом, а протилежним боком — назовні. Він відрізняється від протонефридію багатоклітинністю. Рух рідини забезпечується рухом джгутиків багатьох війчастих клітин, які вистеляють лійку.

Статеві система, розмноження та розвиток. Кільчасті черви, на відміну від круглих — гермафродити. Чоловіча статеві система представлена сім'яниками та сім'явивідними протоками (10—11-й сегменти), жіноча — яєчниками та яйцепроводами (13-й сегмент). Запліднення перехресне. Під час злиття двох особин сперматозоїди потрапляють у сім'яприймачі, де можуть зберігатися якийсь час. На поясоцку дощового черв'яка — залозистому потовщенні шкірного епітелію певних сегментів — виділяється слизовий кокон, що має форму барильця. Скороченнями мускулатури тіла кокон зсувається вперед і скидається. Він містить яйцеклітини, які під час проходження кокона крізь сегменти з сім'яприймачами запліднилися сперматозоїдами. У дощового черв'яка розвиток прямий, але у багатьох морських багатоцетинкових є стадія личинки.

Багатоцетинкові здатні до нестатеві (вегетативного) розмноження. Тіло черв'яка розпадається на декілька фрагментів, у кожного з яких розвиваються ті частини тіла, яких бракує. Така здатність вказує на високий ступінь регенерації.

Екологія. Величезна кількість видів (в основному багатоцетинкові) живе в морях і океанах, як тропічних, так і помірних, навіть полярних широт, у прибережних районах або біля дна; деякі пристосувалися до існування в солонуватих водоймищах. Малоцетинкові нерідко зустрічаються в прісних водах (річках, озерах, болотах), проте більша частина видів заселила ґрунт.

П'явок здавна використовують у медицині для лікування гіпертонічних захворювань, тромбозів, набряків, крововиливів.

Тип молюски

Тип включає понад 130 тис. видів, згрупованих у декілька класів, з яких ми розглянемо три: Черевоногі, Двостулкові, Головоногі. Багато даних указує на спорідненість молюсків із стародавніми кільчастими або плоскими червами.

Еволюційні особливості будови:

- 1) поява дихальної системи;
- 2) поява серця.

Зовнішня будова. Тіло молюсків складається з голови, тулуба та ноги. Нога являє собою виріст черевної стінки тулуба і слугує для пересування, захоплення здобичі, прикріплення, закопування в ґрунт. У деяких видів нога редукується.

Характерна особливість молюсків — наявність черепашки. Черепашки мають різні форми та розміри, вони закручені у вигляді спіралі (черевоні) або складаються з двох стулок (двостулкові). Основою черепашки є пластина з вапняку, а внутрішня поверхня буває вкрита дуже тоненьким перламутровим шаром (перлівниці, беззубка). У більшості видів черепашка виконує захисну функцію й вкриває все тіло, проте у деяких вона в дорослому стані дуже зменшується в розмірах (слизуни, головоногі) або зникає. Із внутрішнього боку до черепашки прилягає шкірна складка — мантия. Простір між мантиєю і тілом називається мантийною порожниною. У порожнині у багатьох видів містяться «зябра», в неї відкриваються отвори органів виділення та анальний отвір. Залозисті клітини мантиї виділяють речовини, які утворюють черепашку.

Вторинна порожнина (целом) у більшості молюсків редукується і зберігається у дорослих форм лише у двох ділянках — перикарді та порожнині статевої залози.

Нервова система складається із сукупності нервових вузлів, розташованих у відділі голови, у носі та деяких ділянках тіла. Вузли зв'язані між собою нервовими стовбурами. Такий тип нервової системи дістав назву розкидано-вузлової. Органи чуттів розвинені неоднаково у різних видів. Деякі молюски мають очі (наприклад виноградний слимак), в інших основну роль виконують органи хімічного чуття, рівноваги.

Органи дихання у морських видів представлені «зябрами», а в наземних і прісноводних — «легенями» (виноградний слимак, ставковик). «Легені» розташовані в мантийній порожнині й оповиті густою сіткою капілярів.

Травна система починається ротовим отвором, який веде до м'язистої глотки. Для ротового апарату характерна наявність особливого органа — тертки (радули), яка має хітинові зубчики. З її допомогою молюски зіскоблюють водорості з каміння, захоплюють здобич. У ротову порожнину відкриваються слинні залози. Далі йде стравохід, шлунок, у який відкривається протока травної залози («печінки»). Із шлунка бере початок кишечник, часто звитий. Анальний отвір відкривається в мантийну порожнину.

Кровоносна система незамкнена. У деяких ділянках тіла кров тече не по кровоносних судинах, а по порожнинах між внутрішніми органами. Серце складається зі шлуночка й одного або декількох передсердь. Воно розташоване в навколосерцевій сумці — перикарді, заповненій рідиною. У багатьох видів кров безбарвна, оскільки не має дихальних пігментів. У цьому випадку її називають гемолімфою. Гемолімфа виконує в основному транспортну функцію — переносить поживні речовини і в меншій мірі кисень.

Видільна система представлена однією, рідше кількома нирками. Нирка молюсків — це

канал, який одним кінцем сполучається з порожниною перикарду, а іншим відкривається в мантийну порожнину.

Статева система. Багато молюсків — гермафродити, хоча деякі примітивні види роздільностатеві. У своєму розвитку молюски часто проходять стадію личинки, яка дуже подібна до такої у багатоцетинкових червів. Ця стадія рухома і слугує для розселення виду.

Клас Черевоні, або Слимаки

Клас включає близько 85 тис. видів, розміром від декількох міліметрів до 7—15 см. У більшості видів черепашка закручена в спіраль і вкриває все тіло. У слимаків вона маленька й частково або повністю накрита виступаючою мантиєю. У деяких видів черепашка повністю редукується. Нога, як правило, розвинена добре і слугує органом пересування. У багатьох слимаків задня частина ноги має рогову кришечку, яка щільно закриває устя черепашки у разі небезпеки.

Серед черевоні є як роздільностатеві, так і види гермафродитів. Запліднення здебільшого внутрішнє. Розвиток може відбуватися з утворенням личинки або без неї.

Черевоні пристосувалися до найрізноманітніших умов існування. Вони заселили прибережні зони океанів, морів та їхні глибини (рапани), прісноводні водойми (ставковики), частина видів пристосувалася до життя на суходолі (виноградний слимак, слизуни), заселивши навіть пустелі та вершини гір. У наземних форм захистом від несприятливих умов середовища (посухи, холоду) слугує затулювання отвору черепашки плівкою слизу, який твердне на повітрі. Органами дихання прісноводних і наземних видів є «легені». Наземні молюски мають на голові дві пари щупалець (органи дотику); на кінцях однієї з них розташовані очі (виноградний слимак). У прісноводних форм очі розташовані біля основи єдиної пари щупалець. Їжа черевоні надзвичайно різноманітна: планктон, водянні та наземні рослини, черви, ракоподібні, інші молюски.

Клас Двостулкові

Клас включає близько 20 тис. видів, більшість з яких живуть у морях, і лише деякі заселили прісні води. Черепашка двостулкових складається з двох стулок, сполучених еластичною зв'язкою. Кожна стулка вкрита зсередини мантиєю. У разі небезпеки молюск закриває черепашку. Це здійснюється завдяки роботі м'язів-замикачів. Для підвищення сили скріплення стулок на кожній із них часто є безліч зубчиків — замок. Голова і пов'язані з нею органи чуттів зредуковані. Відсутня також глотка, слинні залози, тертка.

У мантійній порожнині двостулкових містяться зяброві листки, які постійно омиваються потоком води. Вода надходить у порожнину крізь трубоподібний виріст мантії — дихальний сифон, а видаляється крізь вивідний сифон.

Циркуляція води всередині мантійної порожнини забезпечує молюсків не тільки киснем, але і їжею. Завислі у воді частинки (органічні залишки, планктон) завдяки роботі особливих війкових клітин прямують до ротового отвору та заковтуються. З ротового отвору їжа потрапляє до короткого стравоходу, шлунка й далі — до кишечника. Травний тракт двостулкових не має м'язових волокон, і пересування їжі здійснюється роботою війкового епітелію, який вистеляє його. Частка внутрішньоклітинного травлення, яке здійснюється амебоцитами печінки, шлунка і кишечника, є великою. У більшості молюсків цього класу (наприклад у беззубки, перлової скойки) кишка пронизує шлуночок серця, хоча його порожнина залишається при цьому замкненою. Непридатні для їжі частинки видаляються через вивідний сифон. Двостулкові профільтровують значні об'єми води — 5—10 л за годину (устриці, мідії).

Серед двостулкових є роздільностатеві види та гермафродити. Розвиток може включати личинкову стадію або відбуватися без неї.

Клас Головоногі

Описано понад 700 видів головоногих. Головоногі мають рудиментарну черепашку. Ротовий отвір оточений щупальцями (вісім у восьминогів, десять у каракатиць і кальмарів). На щупальцях у декілька рядів розташовані присоски. Голова велика.

Головний мозок головоногих дуже великий, вкритий зачатковою корою, зверху захищений хрящовою пластинкою. Орган зору — очі, акомодация досягається віддаленням або наближенням кристалика до сітківки. Смакові рецептори розташовані на язичі та присосках щупалець. Органи рівноваги представлені статоцистами.

Кров має блакитний колір, що пов'язано з присутністю пігменту, що містить Купрум, — гемоціаніну, який бере участь у транспорті кисню. Головоногі мають три серця: головне складається з передсердя та шлуночка і забезпечує потік крові по тілу, а інші два (зяброві серця) проштовхують її крізь зябра.

Рот невеликий, м'язиста глотка має роговий дзьоб. Головоногі — хижаки. Вони харчуються рибою, крабами, черепашками, нерідко зустрічається канібалізм.

Головоногі роздільностатеві. Запліднення внутрішнє: самець щупальцем переносить сперматозоїди у статевий отвір самки. Розвиток прямий, без личинкової стадії.

Рух здійснюється за принципом реактивного двигуна. Через мантійний отвір вода засмоктується в мантійну порожнину, а потім

із силою виштовхується крізь вивідний сифон. У цьому випадку молюск пересувається заднім кінцем тіла вперед. Деякі восьминоги можуть «ходити» по дну, спираючись на щупальця.

Найдивовижнішим захисним пристосуванням головоногих є чорнильна бомба. У разі небезпеки молюск випускає з виросту кишки (чорнильного мішка) барвникову речовину, яка забарвлює воду на десятки метрів навколо й паралізує нюхові нерви хижих риб. Це дезорієнтує ворога, а молюск устигає сховатися.

Іншим захисним пристосуванням є зміна забарвлення. У всіх головоногих під шкірою розташовані клітини, що містять різні пігменти. Сигналом для зміни забарвлення є інформація, яка надходить від зорового аналізатора.

Каракатиці відрізняються від восьминогів кількістю щупалець (10), а від кальмарів — сплющеною формою тіла. У кальмарів тіло циліндричне, має ромбоподібні плавці.

Тип членистоногі

На сьогодні описано понад 1 млн видів членистоногих, згрупованих у декілька класів, з яких ми розглянемо три: Ракоподібні, Павукоподібні, Комахи. Вважається, що членистоногі виникли в протерозойську еру від стародавніх кільчастих червів, оскільки мають багато спільних рис будови: сегментоване тіло, черевний нервовий ланцюжок, незамкнена кровоносна система. У процесі еволюції членистоногі набули принципово нових особливостей, які дозволили їм розселитися по всій Землі.

Еволюційні особливості будови:

- 1) поява досконалих органів пересування — кінцівок;
- 2) виникнення поперечносмугастої мускулатури;
- 3) розвиток міцного зовнішнього скелета;
- 4) високий рівень розвитку дихальної системи;
- 5) членистоногі — вториннороті тварини.

Зовнішня будова. У тілі членистоногих виділяють такі відділи: голова, на якій розташовані органи чуттів і органи захоплення їжі; груди, на яких розташовані органи пересування (кінцівки, крила); черевце. У деяких членистоногих голова та груди утворюють єдиний відділ тіла — головогруди. Усі відділи тіла складаються із сегментів, кількість яких є важливою систематичною ознакою. Кінцівки складаються з декількох члеників і утворюють систему важелів, які приводяться в рух роботою м'язів. У різних сегментах вони виконують рухову, захисну, статеву та дихальну функції. Деякі кінцівки на голові перетворюються на ротові придатки — органи захоплення, утримання та подрібнення здобичі.

Покриви. Тіло вкрите твердою оболонкою — кутикулою, основним компонентом якої є полісахарид хітин. Кутикула виділяється залозистими клітинами покривного епітелію. Вона утворює так званий зовнішній скелет. Міцність і твердість кутикули такі значні, що в місцях, де вона сягає великої товщини, покриви втрачають гнучкість. Тому в рухомих ділянках тіла членистоногих є складчасті перетинки з дуже тонкої кутикули. Хітиновий панцир нерозтяжний, і ріст організму можливий тільки в період линяння.

Зовнішній скелет виконує такі функції:

- 1) захисну, перешкоджає механічним пошкодженням;
- 2) слугує місцем прикріплення м'язів;
- 3) запобігає випаровуванню води з поверхні тіла (ця властивість дозволила членистоногим освоїти суходіл).

М'язова система членистоногих досягла значного розвитку. Поперечносмугасті м'язи дуже сильні й здатні скорочуватися з величезною швидкістю.

Нервова система організована за принципом червонного нервового ланцюжка. Кожний сегмент тіла несе нервовий вузол. Унаслідок злиття сегментів вузли також зливаються. Концентрація нервових вузлів у головному відділі приводить до утворення головного мозку, який сягає великих розмірів у вищих комах. З органів чуттів найбільшого розвитку у багатьох членистоногих набули нюх і зір. Очі можуть бути прості або складні — фасеткові. Кожна фасетка сприймає тільки одну частину предмета, а зображення, яке отримується, складається з великої кількості окремих крапок.

Дихальна система у первинноводних членистоногих (ракоподібні) представлена «зябрами» — виростами кінцівок. На відкритій поверхні суходолу дихання за допомогою зябер неможливе, оскільки вони злипаються, висихають і не перешкоджають випаровуванню води. Деякі дрібні водяні та наземні паразитичні членистоногі поглинають кисень всією поверхнею тіла. У великих наземних видів розвиваються особливі органи дихання — «легені», що становлять собою мішкоподібні впинання кінцівок (пауки, скорпіони). Найдовершенішими органами дихання є трахеї — мережа тонких повітронесних розгалужених трубок (у комах). Трахеї відкриваються на черевці маленькими отворами — дихальцями. Найменші з трахей мають діаметр у декілька мікрометрів і підходять практично до кожної клітини тіла.

Система виділення водяних членистоногих представлена метанефридіями.

Кровоносна система незамкнена. З появою трахей вона частково або повністю перестає виконувати функцію транспорту дихальних газів.

Статевая система та розвиток. Більшість членистоногих роздільностатеві, але є також

види гермафродитів (деякі ракоподібні). Запліднення може бути зовнішнім (у водяних) — злиття чоловічих і жіночих статевих клітин відбувається в зовнішньому середовищі, внутрішнім — процес здійснюється в статевих шляхах самки, і зовнішньо-внутрішнім — самці виділяють сперматозоїди у зовнішнє середовище, а самки підбирають їх своїми статевими отворами (більшість кліщів). Є види (дафнії, стоноги), яйця яких розвиваються партеногенетично.

Більшість видів відкладають яйця у зовнішнє середовище. Дуже рідко спостерігається живородіння (деякі скорпіони, кліщі), іноді — яйцеживородіння (попелиця). Якщо особина, що вийшла з яйця, різко відрізняється від дорослої, її називають личинкою. У цьому випадку говорять про розвиток з перетворенням. Якщо молодий організм подібний за будовою і зовнішнім виглядом до дорослого, говорять, що розвиток прямий. Ріст більшості членистоногих носить ступінчастий характер — розміри тіла збільшуються стрибкоподібно, відразу після линяння.

Клас Ракоподібні

Клас включає 30—35 тис. видів розміром від частки міліметра до 80 см. З-поміж них найвищу організацію мають представники ряду Десятиногі раки (річкові раки, краби, омари, лангусти, креветки).

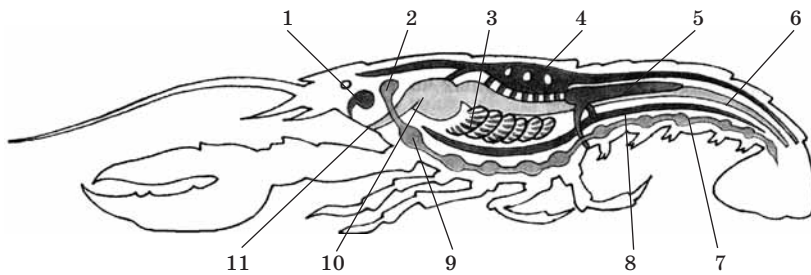
Організацію ракоподібних розглянемо на прикладі річкового рака.

Зовнішня будова. Тіло річкового рака складається з голови, грудей, черевця, анальної (хвостової) лопаті, яка утворює хвостовий плавник. Голова утворюється внаслідок злиття п'яти сегментів і, отже, має п'ять пар додатків (видозмінених кінцівок): передні та задні антени (вусики), три пари щелеп. Обидві пари антен є органами нюху, дотику та хімічного чуття. На голові розташовані фасеткові очі.

Груди складаються з восьми сегментів. Перші три несуть три пари кінцівок — ногощелеп; їхня основна функція — подавання їжі до ротового отвору. Інші п'ять сегментів утворюють п'ять пар ходильних кінцівок, які слугують для пересування. Перша пара — клішні — наймасивніша й бере участь у захопленні жертви. На грудних кінцівках розташовуються органи дихання — «зябра».

Черевце сегментоване. П'ять пар черевних кінцівок слугують для утримання яєць, що розвиваються. Шоста пара разом з останнім сегментом черевця утворюють анальну лопать (хвостовий плавець), що бере участь у пересуванні.

Кровоносна система незамкнена. Серце має форму п'ятикутника, розташоване на спинно-му боці тіла й оточене перикардом.



Внутрішня будова річкового рака:

1 — орган виділення, 2 — надглотковий нервовий вузол, 3 — «зябра», 4 — серце, 5 — статева залоза, 6 — кишка, 7 — черевний нервовий ланцюжок, 8 — кровonosна судина, 9 — підглотковий нервовий вузол, 10 — шлунок, 11 — рот

Травна система починається ротовим отвором, який оточений трьома парами щелеп. Рот веде до короткого стравоходу, який переходить в об'ємистий шлунок, що складається з двох відділів. У жувальному відділі шлунка відбувається перетирання їжі за допомогою хітинових зубців, уцідильному відділі — її фільтрація. Далі їжа потрапляє в кишечник, де вона перетравлюється (у просвіт кишки відкривається вивідна протока печінки) і всмоктується. Неперетравлені залишки видаляються через анальний отвір у ділянці анальної лопаті.

Система виділення. Органи виділення — парні зелені залози, подібні до метанефридій кільчастих червів і розташовані в передній частині тіла. Вивідні протоки зелених залоз відкриваються біля основи антен.

Статева система та розвиток. Річкові раки роздільностатеві. Запліднені яйця утримуються черевними кінцівками самки. Розвиток прямий.

У прісноводних водоймищах численні дрібні рачки дафнії — представники ряду Гіллястовусі. Дуже поширені в прісних водоймах і циклопи — маленькі, до 2 мм, рачки з ряду Веслоногі. Більшість циклопів — хижакі, але є також і рослиноїдні види.

Клас Павукоподібні

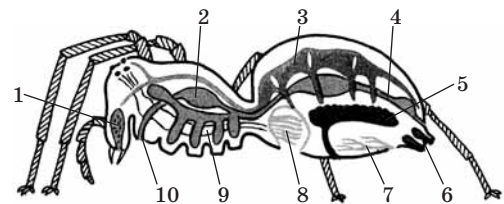
Сучасні павукоподібні представлені наземними формами, які походять від водяних членистоногих, які спочатку заселяли моря. Щоб пристосуватися до наземного способу існування, павукоподібні мали: 1) здійснити зміну органів дихання, 2) максимально зменшити випаровування води з поверхні тіла, 3) перейти на нові об'єкти живлення. Основні особливості організації, що забезпечили пристосування павукоподібних до життя на суходолі:

- 1) поява «легенів» і трахей — органів дихання атмосферним киснем;
- 2) воскові виділення кутикули, які перешкоджають випаровуванню води;
- 3) зменшення розмірів тіла для обмеження числа линьок;
- 4) розвиток копулятивних органів і внутрішнього запліднення.

Зовнішня будова. Тіло павукоподібних складається з головогрудей і черевця. Головогруді вкриті щільною кутикулою і складаються з шести сегментів. Кінцівки першого сегмента —

хеліцери — є органами захоплення і подрібнення їжі. У павуків на кінчиках хеліцер відкриваються протоки отруйних залоз. Кінцівки другого сегмента — педіпальпи — виконують функцію утримання здобичі, беруть участь у перенесенні сперми в статеві шляхи самки, слугують органами дотику. Кінцівки наступних чотирьох сегментів — ноги — беруть участь у пересуванні, плетінні павутини (павуки), викопуванні нірок, утриманні яєчного кокона, здобичі. Вони мають нюхові та дотикові рецептори. На відміну від ракоподібних обидві антени у павуків редукуються, фасеткові очі відсутні.

Черевце з'єднується з головогрудьми за допомогою сьомого сегмента, який не має кінцівок. У багатьох кліщів головогруді та черевце зливаються в єдине ціле і втрачають сегментацію. Кінцівки черевця, на яких розташовані «зябра», перетворюються на «легені». Кінцівки десятого й одинадцятого сегментів утворюють у павуків павутинні бородавки.



Внутрішня будова павукоподібних (на прикладі павука-хрестовика):

1 — отруйна залоза, 2 — шлунок, 3 — серце, 4 — кишка, 5 — статева залоза, 6 — павутинні бородавки, 7 — трахеї, 8 — «легені», 9 — нервовий стовбур, 10 — ротовий отвір

Нервова система характеризується подальшою концентрацією нервових вузлів. У павуків у передньому відділі головогрудей виникає єдине скупчення нейронів — головогрудна нервова маса. З органів чуттів розвинені дотик (чутливі волоски на тілі та кінцівках) і нюх. Зір дуже слабкий, є декілька пар простих очок.

Травна система. Більшість павукоподібних — хижакі, пристосовані до живлення напіврідкою їжею. Травлення у багатьох павукоподібних відбувається в два етапи: 1) зовнішнє, 2) внутрішнє (кишкове). Спіймана здобич убивається отрутою, покриви жертви розриваються і всередину вводяться травні соки. Потім розріджений вміст жертви всмоктується. Для цього слугує забезпечена м'язами глотка, яка переходить у тонкий стравохід і далі — у сисний шлунок. Вирости кишечника утворюють печінку, клітини якої виділяють травні ферменти.

Дихальна система представлена «легенями» або трахеями. «Легені» павукоподібних недосконалі, випаровують багато води, тому легеневі форми (деякі павуки, скорпіони) змушені жити в місцях, насичених вологою, — у підстилці тропічного лісу, ґрунті, норах. У вищих павуків виникають трахеї (за ступенем розвитку вони примітивніші за трахеї комах). Деякі павуки мають і «легені», і трахеї. Кліщі завдяки малим розмірам пристосувалися до поглинання кисню всією поверхнею тіла.

Кровоносна система добре розвинена у видів, які дихають «легенями». На спинному боці головогрудей розташоване серце, від якого відходять великі кровоносні судини.

Система виділення представлена мальпігевими судинами — сліпими виростами кишечника. У їхніх клітинах накопичуються екскрети. Речовини, що виділяються, заздалегідь зневоднюються, щоб уникнути втрати води. У деяких примітивних павукоподібних як органи виділення збереглися рудименти метанефридів.

Статевая система. Павукоподібні роздільностатеві. Запліднення здебільшого внутрішнє. Сперма виробляється в сім'яниках самців і доставляється в статеві шляхи самки за допомогою педипальп, які утворюють копулятивний орган. Яйця містять багато жовтка, розвиток прямий. Виняток становлять кліщі, у яких є личинкова стадія.

Систематика. Різноманітність. Клас об'єднує 60 тис. видів, згрупованих у декілька рядів, найчисленніші з яких Павуки (27 тис.) і Кліщі (25 тис.). Скорпіони (близько 700 видів) — найдавніший ряд серед наземних членистоногих, що зберіг безліч примітивних рис, властивих водним предкам.

Ряд Павуки

Павуки мають розміри від 0,8 мм до 15 см. Поширені повсюдно. Вирішальне значення в еволюції павуків відіграла павутина (тенета). Вона є притулком, пасткою, місцем спаровування, механізмом поширення. Нитка павутини утворюється на повітрі із секрету павутинних залоз, розташованих у порожнині черевця. Павутинні залози відкриваються назовні павутинними бородавками. У типовому випадку павутина складається з опорної рами, натягнутої між гілками або іншими предметами, радіальних ниток, сполучених із центральним сплетенням, і накладеної на них ловильної спіралі. Павуки, що живуть у норах, плетуть децю інші сітки. Нарешті, є види, які взагалі не плетуть ловильних сіток, секрет павутинних залоз вони використовують тільки для створення кокона.

Зір у павуків дуже слабкий. Виняток становлять павуки-стрибуни: їхні прості очки влаштовані за типом телеоб'єктива і здатні обертатися.

У павуків виражений статевий диморфізм. Зазвичай самець менший за самку (іноді в тисячу разів), і часто після запліднення поїдається нею. Запліднення внутрішнє. Яйця відкладаються

в кокон, зроблений з павутини. Багато видів піклуються про потомство — охороняють кокон, доглядають за ним. Розселення молоді у ряду видів відбувається на павутинках, які підхоплюються повітрям і переносяться на значні відстані.

Ряд Кліщі

Вирішальне значення в еволюції кліщів відіграли мікроскопічні розміри. Це дозволило їм заселити ґрунт і рослинну підстилку, яка гниє (цибулинний кліщ, червонотілка, панцирний кліщ). Багато кліщів пристосувалися до дихання всією поверхнею тіла. Одні види перейшли до паразитування на рослинах (виноградний, грушевий, смородиновий кліщі) і тваринах (волосяний (пір'яний) кліщ, коростяний свербун), інші заселили прісні води. Ще одне важливе пристосування — розвиток із метаморфозом, завдяки якому з'явилися стадії розселення та переживання несприятливих умов. Маленькі розміри дозволили кліщам дуже швидко завершувати життєвий цикл і досягати за короткий термін величезної чисельності.

Багато кліщів паразитують на тілі людини. Самка коростяного свербуна прогризає в шкірі довгі ходи, спричинюючи болісний алергічний свербіж. Іксодові кліщі живляться кров'ю хребетних. Вони підстерігають жертву на гілках дерев, присмоктуються на декілька днів і висмоктують за цей час дуже багато крові, збільшуючи свою масу в сотні разів. Більшість іксодових — переносники небезпечних захворювань людини: висипного тифу, енцефаліту, різних видів лихоманки.

Клас Комахи

Клас Комахи включає понад 1 млн видів.

Зовнішня будова. Тіло комах розділене на три відділи: голову, груди та черевце. Голова утворюється із шести сегментів, що повністю зливаються у дорослої комахи. Перший і третій сегменти не мають придатків, другий — має пару вусиків (антен); на четвертому, п'ятому та шостому сегментах розвиваються парні частини ротового апарата — верхні щелепи (мандибули), нижні щелепи (максилі) і нижня губа. Вусики за будовою і розміром дуже варіюють і є важливою систематичною ознакою. Вони можуть мати ниткоподібну, пластинчасту, булавоподібну та інші форми. Розвиток і форма щелеп і нижньої губи залежать від характеру живлення. Виділяють такі основні типи ротового апарата:

- 1) гризучий (таргани, жуки, мурахи, личинки метеликів);
- 2) гризучо-лижучий (бджоли, джмелі);
- 3) колючо-сисний — нижня губа утворює довгий хоботок, а щелепи перетворюються на колючі щетини (комарі, попелиця);
- 4) сисний — хоботок розвивається з нижніх щелеп, а верхні повністю редукуються (метелики);
- 5) лижучий — утворений нижньою губою (мухи).

У багатьох дорослих комах, які не живляться, ротові органи взагалі не розвинені (одноденки).

Комахи здатні рухати головою. Рухи ці здебільшого обмежені однією площиною (вертикальною або горизонтальною), і лише богомоли можуть повертати голову в декількох площинах.

Груди складаються з трьох сегментів, які мають три пари членистих кінцівок. Залежно від способу пересування комахи кінцівки за будовою можуть бути:

- 1) ходильні або бігальні (паличники, багато жуків);
- 2) стрибальні (саранові, коники, блохи);
- 3) риучі (капустянки, жуки-карапузи);
- 4) хапальні (богомоли);
- 5) плавальні (жуки-плавунці).

У більшості комах до другого і третього сегментів грудей прикріплюються органи польоту — крила. Вони утворюються як вирости покривного епітелію і зміцнюються жилками. У примітивніших видів передні та задні крила однакові за будовою і функцією, яку вони виконують (бабки). У мух і комарів розвивається лише передня пара крил, у віялохвостих — задня. Нерідко передні крила виконують захисну функцію, перетворюючись на надкрилля (клопи, жуки). Багато видів комах повторно втратили крила (блохи, воші), що пов'язано з особливостями їхньої життєдіяльності. Крила приводяться в рух літальними м'язами, що займають значний обсяг грудного відділу.

Черевце комах утворене різною кількістю сегментів (не більше дванадцяти). Воно майже завжди позбавлене кінцівок.

Покриви. Хітинова кутикула в усіх наземних видів укрита тоненьким шаром воскоподібної речовини, яка перешкоджає випаровуванню води. На тілі комах є численні волоски, що виконують функцію органів дотику або слуху.

Нервова система побудована за принципом червеного нервового ланцюжка. Головний мозок досягає великого розвитку, особливо у суспільних комах.

Органи чуттів. Фасеткові очі комах розташовані на першому сегменті голови. Нерідко є ще декілька простих очок (наприклад у медоносної бджоли). Багато видів мають гарний зір. Так, бджоли можуть розрізняти форму предметів і деякі кольори (червоний, жовтий, зелений, синьо-фіолетовий, ультрафіолетовий). На відміну від людських, очі бджіл чутливі до поляризованого світла. Усі комахи здатні сприймати коливання температури. Терморцептори локалізовані у них в особливих волосках на члениках ніг. У багатьох комах розвинені органи слуху, утворені волосками на ногах і черевці. Дуже добре розвинені органи хімічного чуття і нюху. Смакові рецептори містяться на ротових частинах і лапках. Комахи чутливі до рівня вологості повітря та магнітних полів.

Травна система. У ротову порожнину впадають протоки слинних залоз. У личинок метеликів на нижній губі є шовковичні залози, секрет яких швидко застигає на повітрі й використовується для плетіння коконів. Ротова порожнина веде до стравоходу й далі до шлунка. Залозисті клітини кишечника виробляють травні ферменти, склад яких визначається характером їжі комахи.

Дихальна система представлена добре розвинутою мережею повітроносних трубок — трахей. Трахеї відкриваються на поверхню тіла невеликими отворами — дихальцями. Вентиляція трахей у багатьох видів здійснюється рухом черевця. Деякі комахи (жуки-водолуби, клоп-гладун), що живуть під водою, періодично піднімаються на поверхню і запасують повітря під надкрилами, де воно утримується волосками з незмочуваною поверхнею.

Кровоносна система незамкнена. Безбарвна гемолімфа, яка циркулює в порожнині тіла комах, слугує для транспортування поживних речовин, продуктів обміну, гормонів. Рух гемолімфи забезпечується скороченнями спинної судини — серця.

Система виділення утворена мальпігієвими судинами — тонкими трубкоподібними виростами кишечника. Їхні вільні кінці лежать у порожнині тіла. Розчинні продукти обміну поглинаються клітинами стінок мальпігієвих судин і просвітами проходять у кишку. Пристосуванням для акумуляції води у комах є жирове тіло. Унаслідок окиснення жирової тканини виділяється велика кількість води.

Статева система та розвиток. Майже всі комахи роздільностатеві. Чоловічі статеві органи у багатьох комах представлені парними сім'яниками, сім'явивідними протоками і копулятивним органом, а жіночі — двома яєчниками та жіночими статевими шляхами. У багатьох видів добре виражений статевий диморфізм: самці та самки відрізняються за розмірами, забарвленням, розвитком крил, будовою ротового апарата. У більшості метеликів і жуків запліднення зовнішньо-внутрішнє. У цьому випадку сперматозоїди виводяться в навколишнє середовище й вкриваються захисною оболонкою, що запобігає їхньому висиханню. Самка підбирає їх за допомогою статевих придатків. Часто зустрічається внутрішнє запліднення, коли сім'яна рідина вводиться безпосередньо в статеві шляхи самки. Іноді яйця розвиваються шляхом партеногенезу (попелиця, паличники).

Практично в усіх комах у життєвому циклі присутня стадія личинки — їм властивий розвиток із перетворенням. У разі розвитку з неповним перетворенням личинка веде такий самий спосіб життя, як і доросла особина — імаго. У разі розвитку з повним перетворенням личинка виходить з яйця на ранніх етапах розвитку. На стадії

лялечки відбувається руйнування личинок органів і формування органів імаго. Ріст комах супроводжується линянням. Доросла комаха не линяє.

До комах з неповним перетворенням належать ряди Таргани, Терміти, Прямокрилі, Воші, Клопи, Богомоли та інші. До комах з повним перетворенням — ряди Твердокрилі, Лускокрилі, Перетинчастокрилі, Двокрилі, Блохи та інші.

Ряд Таргани

Таргани — дуже давні комахи. Ряд включає близько 4 тис. сучасних видів. Більшість літає погано; у багатьох крила зредуковані. Вусики дуже довгі й слугують органами дотику.

Ряд Терміти

Відомо близько 25 тис. видів, в основному тропічних. Характерна особливість цих комах — будівництво гнізд. Висота термітників може становити 10 м, деякі ходи розташовуються на глибині 35 м.

Покриви термітів дуже тонкі, іноді навіть прозорі. Вони абсолютно не пристосовані до життя на відкритій місцевості, тому й ховаються в заплутаних лабіринтах гнізда, де повітря завжди насичене водяними парами. Представники: африканський, середземноморський, туркестанський терміти.

Ряд Прямокрилі

Близько 20 тис. видів — коники (зелений, співучий, хвостатий), дибки, цвіркуни, капустянки, сарана.

У самців коників і цвіркунів на передніх крилах є спеціальні пристосування — так зване дзеркальце (тонка перетинка) і смчок (жилка із зубчиками).

Ряд Клопи, або Напівтвердокрилі

Близько 30 тис. видів. Форма тіла різноманітна, від кулястої (земляний щитник) до паличкоподібної (паличковий хищнець). У паразитичних видів (постільний клоп) тіло сплюснене, а крила відсутні. Багато клопів пристосувалися до проживання у воді (гладун, ранатра). Водоміри заселили поверхневу плівку прісних і морських водоймищ.

Ряд Жуки, або Твердокрилі

Понад 300 тис. видів. Надкрила тверді, прикривають черевце та крила. Довжина деяких жуків може досягати 18 см. Поширені повсюдно.

Ряд Лускокрилі, або Метелики

Близько 140 тис. видів. Крила метеликів вкриті видозміненими волосками — лусками, що мають пігментні зерна, які зумовлюють забарвлення. Ротовий апарат — хоботок — дозволяє метеликам пристосуватися до видобування нектару з віночків найрізноманітніших квітів. Тривалість життя імаго — від кількох днів і навіть годин до кількох місяців. Личинки метеликів — гусениці — стадія, яка живиться. Вони мають гризучий ротовий апарат. В Україні поширені адмірал, білани, (капустяний білан, або капустянка, глідівниця), бражники (у Криму зустрічається бражник мертва

голова і олеандровий бражник, занесені до Червоної книги), махаон (також червонокнижний вид).

Основним виробником натурального шовку в багатьох країнах світу є тутовий шовкопряд — метелик з м'ясистим тілом і крилами розмахом 40—60 мм. Гусінь шовкопряда (шовковичний черв'як) живиться листям тутового дерева. Під час заляльковування вона виділяє цілісну нитку завдовжки до 1500 м, яку обмотує навколо себе у вигляді шовковистого кокона.

Ряд Перетинчастокрилі

Об'єднує за різними даними від 150 до 300 тис. видів. Комахи цього ряду мають дві пари перетинчастих крил, які зчеплюються одне з одним за допомогою гачків і працюють як одна площина. Деякі перетинчастокрилі (робочі мурахи) не мають крил. Представники: пильщики, їдці, джмелі, оси, бджоли, мурашки. Останні три групи мають найбільш високоорганізовану нервову систему серед комах і здатні до дуже складних поведінкових реакцій (інстинкти). Яйцеклади бджіл, ос, джмелів є органами нападу та захисту. Так, у робочих особин медоносною бджолою яйцеклад перетворюється на жало, яке має на кінці зубчики. Якщо бджола ужалить велику тварину, воно залишається в тілі жертви. Бджола у цьому випадку гине.

Угруповання мурашок і бджіл влаштовані дуже складно. Окремі особини гнізда спілкуються між собою хімічною мовою, за допомогою особливих речовин — феромонів. У мурашиній сім'ї виділяють «царицю», яка у величезній кількості відкладає яйця, робітників, які виконують різноманітні роботи в мурашнику і збирають їжу, та солдатів. На відміну від термітів, робітники у всіх перетинчастокрилих — безплідні самки.

Структура сім'ї медоносною бджолою дещо інша. У вулику є матка, робочі бджоли (безплідні самки) і трутні (самці, що розвинулися з незапліднених яєць). Трутні слугують лише для запліднення самок і після цього виганяються з гнізда. Тривалість життя робочої бджоли становить близько шести тижнів. У перші дні життя вона вичищає комірки стільників, щоб матка могла відкласти туди яйця, потім займається годуванням личинок, після чого в її обов'язки входить чищення інших бджіл, охорона вулика. І лише в останні дні життя робочі бджоли починають літати, збираючи пилок або нектар. Переробляючи нектар, бджоли отримують мед, використовують його для власного живлення, а з пилку виготовляють пергу, якою годують личинок.

Ряд Двокрилі

Близько 80 тис. видів. У дорослих комах зберігається лише передня пара крил. Личинки втрачають кінцівки, а у вищих мух пристосувалися до зовнішнього (позакишкового) травлення. Представники: мухи (кімнатна, м'ясна, падальна), комарі (пискун, дергун), сліпні, оводи.

Тип хордові

Хордові виникли, імовірно, в палеозойську еру. Їхніми предками були безхребетні, сегментовані, двобічносиметричні тварини.

Еволюційні особливості будови:

- 1) виникнення внутрішнього скелета — хорди, пружного хряща, заміщеного надалі кістковими елементами;
- 2) організація нервової системи за типом нервової трубки ектодермального походження;
- 3) поєднання дихальної та травної систем: зябра (у водних хордових) і легені (у наземних) утворюються як вирости глотки, а не як похідні кінцівок (у безхребетних).

Усі представники типу — вториннороті тварини. На певному етапі ембріонального розвитку первинний рот (гастропор) заростає ектодермою, а на протилежному кінці зародка утворюється вторинний рот, який і буде ротовим отвором у дорослого організму. У зоні гастропору розташовуватиметься анальний отвір.

Тип Хордові включає три підтипи: Безчерепні; Личинковохордові, або Покривники; Черепні, або Хребетні.

Підтип безчерепні

Клас Ланцетники

Клас включає близько 30 сучасних видів. Ланцетники — малорухливі водяні тварини, які проводять більшість часу занурившись у пісок.

Зовнішня будова. Покриви. Тіло видовжене, рибоподібне. На спинному боці вздовж усього тіла проходить спинний плавець, що переходить у хвостовий плавець, який має форму ланцета. Шкіра ланцетника складається з двох шарів: зовнішнього — епідермісу, та внутрішнього — дерма. Епідерміс, на відміну від решти хордових, представлений одним шаром клітин, які виділяють тонку кутикулу.

Скелет безчерепних утворений хордою — еластичним пружним хрящем. Хорда слугує опорою для внутрішніх органів і місцем прикріплення м'язів. Поперечносмугасті м'язи складаються з окремих сегментів, розділених сполучнотканними перегородками. Поєднання пружної хорди та сегментованої мускулатури дозволяє ланцетнику

пересуватися в товщі води хвилеподібними рухами тіла.

Нервова система представлена нервовою трубкою, що тягнеться уздовж тіла над хордою. Поділ на мозковий і спинний відділи відсутній. У кожному сегменті від нервової трубки відходять по дві пари нервів.

Органи чуттів. На передньому кінці тіла розташована нюхова ямка, в якій локалізовані нюхові клітини. Уздовж усієї нервової трубки зосереджені органи зору — очки, здатні відрізняти світло від темряви через прозорі покриви тіла.

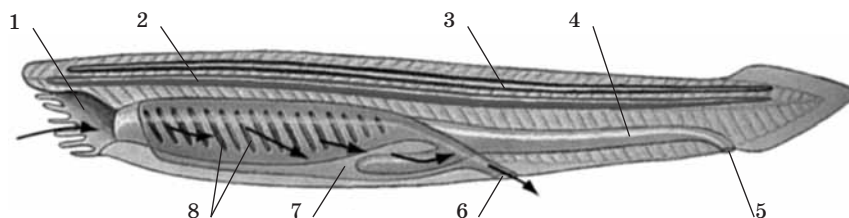
Травна система. Живлення пасивне. Харчові частинки потрапляють до рота завдяки руху щупалець, що оточують ротову лійку. Рот переходить у глотку, стінки якої пронизані значною кількістю зябрових щілин. Придатні для живлення частинки обволікаються слизом і надходять до кишечника — короткої прямої трубки. У початковому її відділі є печінковий виріст. У кишечнику та печінковому вирості відбувається травлення.

Дихальна система тісно пов'язана з травною. Зяброві щілини, пронизані капілярами, постійно омиваються водою. Щілини відкриваються в атріальну порожнину, яка має один вивідний отвір на нижній поверхні тіла. Вода, потрапляючи в ротовий отвір і далі в глотку, профільтровується крізь зяброві щілини в атріальну порожнину, а звідти крізь вивідний отвір викидається назовні. Така організація дихальної системи оберігає зябра від засмічення мулом і піском.

Кровоносна система замкнена. Серця немає; його роль виконують пульсуючі кровоносні судини. Цими судинами кров іде до зябер, а далі — до всіх органів тіла. Кров не містить дихальних пігментів, що пов'язано з малоактивним способом життя ланцетника.

Система виділення ланцетника подібна до метанефридій кільчастих червів. Одним кінцем звиті трубки відкриваються в целом, а другим — в атріальну порожнину, звідки розчинні продукти виділення видаляються з організму.

Статева система та розвиток. Ланцетники роздільностатеві. Статеві залози не мають власних вивідних протоків, гамети виділяються в атріальну порожнину, а звідти — у воду. Запліднення зовнішнє. Унаслідок дроблення заплідненого яйця утворюється личинка. Вона дуже рухлива, активно живиться і слугує для розселення. Найвність личинкової стадії — характерна особливість розвитку ланцетника.



Внутрішня будова ланцетника:

1 — рот, 2 — хорда, 3 — нервова трубка, 4 — кишка, 5 — анальний отвір, 6 — вивідний отвір атріальної порожнини, 7 — атріальна порожнина, 8 — зяброві щілини. Стрілками показаний потік води через дихальну систему

Підтип черепні, або хребетні

Поширенню хордових сприяв активно-рухливий спосіб життя. Сегментована мускулатура та хорда виявилися дуже вигідними в цьому відношенні. Для підвищення швидкості та маневреності рухів у водяних видів у процесі еволюції з'явилися парні плавники, це дало можливість активно переслідувати здобич, проте для її захоплення й утримування необхідні були особливі органи — щелепи. Крім того, швидке пересування в товщі води вимагало розвитку та концентрації на передньому кінці тіла органів чуття. Це привело до розвитку головного мозку як інтеграційного центру сигналів, що надходять з навколишнього середовища.

Клас Круглороті

Зовнішня будова. Покриви. Круглороті мають видовжену вугроподібну форму тіла. Парних плавців немає. Шкіра, як і в усіх хребетних, складається з багатошарового епідермісу та дерми. Шкірні залози виділяють велику кількість слизу, який оберігає від пошкоджень, полегшує пересування у воді.

Скелет представлений хордою та хрящовим черепом. Череп складається з пластинки, яка є опорою для головного мозку і захищає його з боків (зверху мозок вкритий тільки сполучною тканиною). Хрящі черепа утворюють також зяброві ґратки — опорний елемент для зябер.

Нервова система. У круглоротих, на відміну від ланцетників, нервова трубка розділяється на спинний і головний мозок. У головному мозку виділяють такі відділи: передній, проміжний, середній, довгастий мозок і мозочок. З органів чуттів розвинені нюх, зір (очі розташовані з боків голови під шкірою), орган слуху (внутрішнє вухо), рівноваги (два півкруглі канали) й бічна лінія — орган сприйняття руху й орієнтації у просторі.

Травна система та живлення. Круглороті — напівпаразити. Для присмокткування до жертви слугує присмоктувальна лійка, наділена роговими зубчиками. У глибині лійки розташований ротовий отвір, що веде до глотки. Звідти їжа потрапляє в кишечник, який не утворює петель. У круглоротих печінка відокремлена від кишки й відкривається в неї вивідною протокою. Живляться міноги та міксини кров'ю і м'якими тканинами. Слинні залози виділяють травні ферменти та речовини, що перешкоджають згортанню крові.

Дихальна система. Оскільки круглороті присмоктуються ротовим отвором до жертви, у них виробилися механізми, що дозволяють дихати під час живлення. Зяброві мішки круглоротих розташовані всередині скелета зябрового апарата — зябрових ґраток. Кожний зябровий мішок має зовнішній і внутрішній отвори (останній відкривається в глотку). Коли тварина вільно плаває, вода надходить у зяброві мішки через рот і внутрішні отвори,

а після газообміну виходить через зовнішні отвори. Якщо мінога або міксина присмоктуються до риби, вода циркулює тільки через зовнішні отвори.

Кровоносна система замкнена. З'являється серце, що складається з передсердя та шлуночка. Насичена вуглекислим газом венозна кров надходить у передсердя, далі в шлуночок, а звідти — до зябер. Окиснена артеріальна кров збирається в непарну спинну аорту, яка лежить під хордою, і розноситься по всьому тілу.

Система виділення. У круглоротих вперше з'являються тулубні (первинні) нирки — орган виділення й осморегуляції. Нирка має вигляд стрічки, від якої відходить сечовід, що відкривається назовні сечостатевою отвором.

Статева система та розвиток. Круглороті роздільностатеві. Чоловічі статеві залози представлені непарним сім'яником, жіночі — яєчником. Як і в ланцетника, вони не мають власних вивідних проток. Запліднення зовнішнє. Міноги розвиваються з перетворенням, проходячи личинкову стадію; у міксин розвиток прямий.

Клас Хрящові риби

Хрящові риби (акули та скати) мають ряд прогресивних ознак порівняно з круглоротими та безчерепними:

- 1) парні грудні та черевні плавці;
- 2) хрящовий внутрішній скелет;
- 3) щелепи;
- 4) внутрішнє запліднення;
- 5) відсутність плавального міхура.

Форма тіла. Покриви. Форма тіла акул торпедоподібна, у скатів — сплюснена в спинно-черевному напрямі. Є плавці: парні черевні та грудні, непарні спинний і хвостовий. Для хрящових риб характерна луска, що складається з дентинової пластинки, розташованої в дермі, та вкритого тонким шаром емалі зубця, який пронизує епідерміс. Шкіра хрящових риб виділяє слиз, який запобігає проникненню крізь покриви бактерій і зменшує тертя під час руху.

Скелет утворений хрящовою тканиною, часто насиченою солями Кальцію, що надає їй міцності. Скелет підрозділяється на хребет, череп, скелет плавців (кінцівок) та їхніх поясів. Хребет складається з хребців, має два відділи: тулубний і хвостовий. Хорда зберігається протягом усього життя у вигляді тонкого тяжа в центрі тіл хребців і заповнює простір між ними. Тіла хребців тулубного відділу утворюють верхні дуги, через які проходить спинний мозок. У хвостовому відділі хребці мають ще нижні дуги, через які проходять хвостова артерія та вена. Хвіст — найрухливіша частина тіла риб, тому його судини потребують захисту від здавлювання.

Череп складається з двох відділів — мозкового та вісцерального. Мозковий череп майже повністю

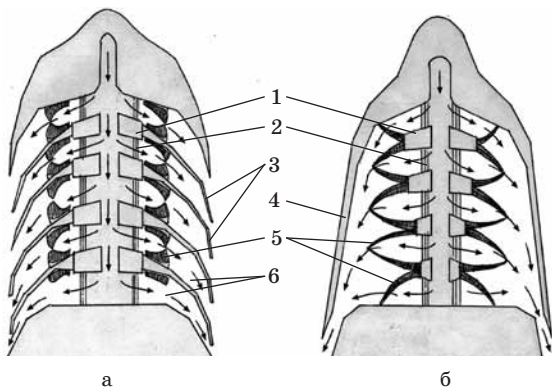
прикриває головний мозок. Вісцеральний череп утворений зябровими дугами — опорою для дихального апарата, і щелепами — зябровими дугами, видозміненими у зв'язку з активним способом життя.

Пояс передніх кінцівок (плечовий) представлений хрящовою дугою, пояс задніх кінцівок (тазовий) — непарною хрящовою пластинкою. Вільні плавці утворюються з рядів хрящів.

Мускулатура хрящових риб складається з окремих поперечносмугастих м'язових сегментів.

Нервова система й органи чуттів. Головний мозок хрящових риб має ті самі п'ять відділів, що й круглороті, проте кількість нервових клітин у кожному з них істотно зростає. Великого розвитку досягають передній мозок і мозочок. З органів чуттів провідним є орган нюху. Очі в акул розвинені добре, дозволяють розрізняти контури предметів на відстані 10—15 м. Орган слуху представлений внутрішнім вухом, орган рівноваги — трьома напівкруглими каналами. Бічна лінія складається зі згуртованих чутливих клітин на тулубі та голові. Кожна така клітина має виріст, який сприймає рух води.

Травна система. Більшість акул — хижаки. Органом захоплення й утримання здобичі є щелепи. Вони наділені кількома рядами гострих зубів різноманітної форми. Якщо один зуб зламається, він замінюється іншим. За своєю природою зуби є збільшеними лусками. З ротової порожнини їжа потрапляє до глотки, яка має зяброві щілини. Із глотки харчові частинки рухаються в короткий стравохід і далі в об'ємний шлунок. Тут їжа поволі (до 5 діб) перетравлюється. Далі йде кишечник (тонка, товста та пряма кишка), де відбуваються завершальні етапи травлення і процес всмоктування. Товста кишка має внутрішній виріст — спіральний клапан, що значно збільшує всмоктувальну поверхню. У просвіт кишки відкриваються протоки печінки та підшлункової залози. Неперетравлені залишки через пряму кишку потрапляють у клоаку та виводяться назовні.

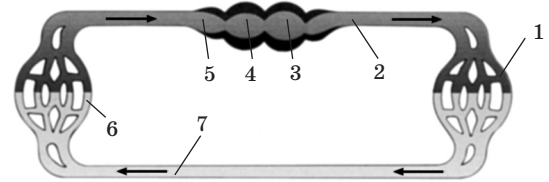


Пристрій зябрового апарата хрящових (а) і кісткових (б) риб:

1 — зяброві дуги (елемент вісцерального черепа), 2 — зяброві тичинки — надійний фільтр, що запобігає виходу їжі через зяброві щілини, 3 — зяброві перегородки, 4 — зяброва кришка, 5 — зяброві пелюстки, 6 — зяброві щілини. Стрілками показаний напрям руху води

Дихальна система. Органами дихання є зябра. У більшості акул і скатів глотка пронизана п'ятьма парами зябрових щілин. Кожна щілина утворена зябровою перегородкою, прикріпленою до відповідної хрящової зябрової дуги. Зябра являють собою зяброві пелюстки, розташовані по обидва боки від зябрової перегородки. Вода постійно омиває зяброві пелюстки, густо обплетені капілярами.

Кровоносна система замкнена. Серце велике, складається з одного передсердя та шлуночка з товстими м'язовими стінками. До передсердя примикає венозний синус (у круглоротих відсутній), куди збирається венозна кров із усього організму. Як і в круглоротих, через серце хрящових риб проходить тільки венозна кров. Скороченнями шлуночка вона просувається до капілярів зябер, де збагачується киснем. Далі кров збирається у спинну аорту й розноситься нею по всьому тілу. У хвостовому відділі вона входить у канал, утворений нижніми дугами хребців, і називається хвостовою артерією.



Кровоносна система риб:

1 — зяброві капіляри, 2 — черевна аорта, 3 — шлуночок, 4 — передсердя, 5 — венозний синус, 6 — капіляри тіла, 7 — спинна аорта

Система виділення хрящових представлена парою тулубних нирок. Кожна нирка містить безліч нефронів, що складаються з капсули та канальців. У нефроні відбувається фільтрація та реабсорбція потрібних організму речовин. Канальці зливаються з утворенням сечоводу, який відкривається в клоаку.

Статеві залози парні. У самців сім'яники мають власні вивідні протоки — сім'япроводи, які відкриваються в клоаку. Черевні плавці у самців акул виконують функцію купулятивного органа. У самок яйцеклітини з яєчника потрапляють в яйцепроводи, де й відбувається внутрішнє запліднення. Яйця відкладаються на різні субстрати; у більшості видів вони добре захищені: проходячи яйцепроводами, запліднена яйцеклітина одягається шкаралупою. Це дає можливість хрящовим відкладати невелику кількість яєць (1—10), збагачених жовтком.

Розвиток прямий. Іноді спостерігається яйцеживородіння (у катрана), коли ембріон розвивається за рахунок запасів яєчного жовтка, але в яйцепроводах матері. Деякі види (скат-хвостокол, акула-молот) — живородящі. У них утворюються вирости яйцепроводу, через які зародок одержує поживні речовини з організму матері.

Різноманітність. Описано близько 350 видів акул, розміром від 15 см (плоскохвоста акула) до 15—20 м (китова акула).

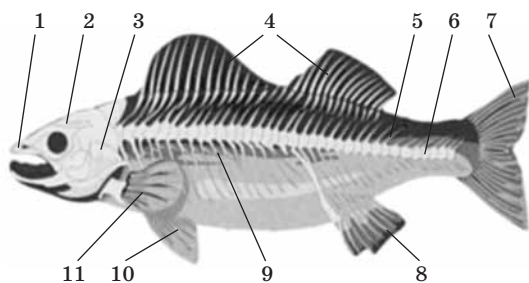
Скати, що налічують близько 340 видів, відрізняються від акул сплющеною формою тіла. Зяброві щілини розташовані на черевному боці, хвостовий плавець тонкий.

Клас Кісткові риби

У кісткових риб з'являється ряд прогресивних ознак:

- 1) у скелеті хрящова тканина частково або повністю замінюється кістковою;
- 2) виникає зяброва кришка, що прикриває ззовні зяброву порожнину;
- 3) розвивається плавальний міхур, який дозволяє утримувати тіло риби в товщі води без додаткових енергетичних витрат.

Покриви. Шкіра складається з багатошарового епідермісу та дерми, виділяє багато слизу. Захисні утворення — луски — є кістковими пластинками, хоча відомий і ряд перехідних варіантів.



Скелет риб:

1 — щелепа, 2 — череп, 3 — зяброва кришка, 4 — скелет спинних плавців, 5 — верхні дуги хребців, 6 — хребет, 7 — скелет хвостового плавця, 8 — скелет анального плавця, 9 — ребра, 10 — скелет черевного плавця, 11 — скелет грудного плавця

Скелет у кісткових риб має ті ж відділи, що й у хрящових. Хребет складається з безлічі хребців, що формують тулубний і хвостовий відділи; у деяких примітивних видів хорда зберігається, а тіла хребців не формуються (дводишні, осетрові). Від тіл тулубних хребців відходять поперечні відростки, до яких кріпляться тонкі ребра. Мозковий череп повністю закриває головний мозок. Вісцеральний череп складається із зябрових дуг і щелеп. Пояс грудних плавців з'єднується із черепом. Плавці утворені радіальними променями (кістковими або хрящовими).

Нервова система й органи чуттів. Головний мозок складається з п'яти відділів. Мозочок і передній мозок добре розвинені. Органи чуттів організовані за подібним до хрящових риб принципом. Вічна лінія має складнішу будову.

Травна система. Об'єкти живлення украй різноманітні. Видом їжі визначаються особливості будови травної системи, але в цілому у кісткових

риб є тенденція до збільшення довжини травного тракту. Зуби розташовані на щелепах, можуть бути різного розміру та форми, можуть бути відсутніми (багато корокових). Із ротової порожнини їжа потрапляє в глотку, стравохід і далі — у шлунок. Залози шлунка секретують хлоридну кислоту та деякі ферменти. Кишечник диференційований на тонку, товсту та пряму кишку. У першу відкриваються протоки печінки й підшлункової залози. У тонкій кишці відбувається перетравлення харчових частинок; її поверхня збільшується за рахунок утворення петель (у рослиноїдних довжина кишки перевищує довжину тіла у декілька разів), а спіральний клапан у переважній більшості видів зредукований. У товстій кишці поживні речовини всмоктуються; пряма кишка закінчується анальним отвором.

Дихальна система. У кісткових риб з'являються зяброві кришки, які захищають зябра і беруть участь у диханні. Зяброві пелюстки вільно звисають у зяброву порожнину, що значно збільшує поверхню, яка омивається водою. Зябра кісткових риб беруть участь також у виділенні продуктів метаболізму. У багатьох представників класу є додаткові органи дихання. До них належать плавальний міхур і легені — вирости черевного боку стравоходу (дводишні). Види, що живуть у воді з низьким вмістом кисню, заковтують повітря ротом.

Кровоносна система влаштована так само, як і у хрящових риб. У дводишних у зв'язку з утворенням легенів з'являється друге коло кровообігу.

Система виділення представлена тулубними нирками. Основний продукт виділення — аміак, мінорний — сечовина.

Статевая система та розмноження. Чоловічі та жіночі статеві органи парні. Запліднення зовнішнє. Самець виділяє в зовнішнє середовище сперму, яка запліднює ікру. У зв'язку з цим для більшості кісткових риб характерна дуже висока плодючість: білуга викидає 8 млн ікринок, риба-меч — 15 млн, риба-місяць — до 300 млн. І лише у видів, які дбають про своє потомство, число ікринок різко зменшується.

Систематика. Клас Кісткові риби включає до 20 тис. видів, що освоїли різні місця існування.

Ряд Кистепері

Включає єдиний вид — целакант, або латимерія. Целакант має ряд примітивних ознак: хребців немає, головний мозок дуже малий. Нині вважається, що предки целакантів, стародавні кистепері риби, дали початок наземним хребетним.

Ряд Дводишні

Реліктові види. Мають одну або дві легені, друге коло кровообігу. Живуть у прісних пересихаючих водоймах Південної Америки, Африки й Австралії. Деякі види закопуються на період

посухи у вологу глину, мул, оточують себе слизовим коконом і ціпеніють. У сезон дощів двоципні вибираються із своїх нір.

Ряд Осетрові

Характеризуються давніми рисами будови: хорда зберігається все життя, тіл хребців немає, скелет хрящовий, зуби часто відсутні. Багато видів — об'єкти промислу (російський осетер, стерлядь, білуга).

Ряд Оселедцеподібні

Цінні промислові риби: атлантичний оселедець, балтійський шпрот (кілька), сардини, анчоуси.

Ряд Лососеподібні

Дорослі лососі живуть у солоній океанічній воді. На нерест вони вирушають у верхів'я річок. Рухаючись проти течії, лососі проходять сотні кілометрів, долаючи безліч перешкод. Після нересту риби гинуть. Молоді лососі спускаються за течією і живуть у морській воді, поки не настане час нересту. Представники: тихоокеанський лосось, кета, горбуша, благородний лосось, або сьомга, форель, щука.

Ряд Коропоподібні

До ряду належать цінні промислові риби: сазан, плітка, краснопірка, лящ. Сазан живе в прісних водоймах України, досягає 60 см завдовжки і маси 5 кг. Одомашнена форма сазана — короп — найважливіший об'єкт ставкового рибництва в багатьох країнах світу. До цього ряду належать електричний вугор і піраньї.

Ряд Окунеподібні

Багато з окунеподібних — промислові види (звичайний окунь, судак, середземноморська ставрида, бички, скумбрія, тунець).

Звичайний судак — найбільший представник ряду й досягає маси 20 кг, хоча такі екземпляри сьогодні зустрічаються рідко. В Україні поширений у басейнах Чорного й Азовського морів, зустрічається в гирлі Дніпра.

Звичайна скумбрія поширена в Атлантичному океані, від берегів Північної Америки до узбережжя Європи.

Клас Земноводні, або Амфібії

Земноводні виникли в девоні. Перехідною формою від риб до амфібій вважають лабіринтодонтів — стародавніх тварин, які вели переважно водний спосіб життя і зберегли риб'ячий хвіст, плавці, залишки зябрових кришок. Земноводні були першими хребетними, які підкорили суходіл.

Еволюційні особливості будови:

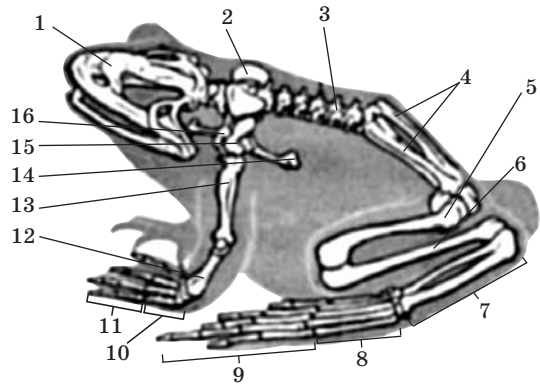
- 1) поява парних важільних суглобових кінцівок, що є добре розвиненою мускулатурою, яка значною мірою втратила сегментацію;
- 2) розвиток комірчастих легенів, два кола кровообігу;

- 3) серце трикамерне, часткове розділення артеріальної та венозної крові;

- 4) поява середнього вуха.

Амфібії — перші наземні хребетні. Проте їх не можна вважати повністю наземними, тому що в них (окрім деяких винятків) розвиток личинки відбувається у водному середовищі. Будова легенів і механізм їх вентиляції у земноводних недостатній для того, щоб забезпечити поглинання потрібної кількості кисню. У зв'язку з цим частину дихальної функції бере на себе шкіра, що перешкоджає розвитку міцних покривів, які б не допускали випаровування, і робить неможливим повне розділення артеріальної та венозної крові. У свою чергу ці обставини обмежують поширення амфібій вологими біотопами. Участь глотки в нагнітанні повітря в легені перешкоджає розвитку ротового апарата, пристосованого для пережовування рослинної їжі, тому всі земноводні живляться лише безхребетними, заковтуючи їх цілими.

Покриви. Шкіра. На поверхні епідермісу відкривається безліч залоз, що продукують слиз, який частково оберігає шкіру від висихання. Покриви земноводних проникні для води. Лише у деяких жаб і чесночниць верхні шари епідермісу частково роговіють, що сприяє збереженню вологи.



Скелет жаби:

- 1 — череп, 2 — лопатка, 3 — хребет, 4 — клубова кістка, 5 — стегно, 6 — кістки гомілки (зрослі велика і мала гомілкові кістки), 7 — предплесна, 8 — плесна, 9, 11 — фаланги пальців, 10 — п'ясток, 12 — передпліччя (зрослі ліктьова і променева кістки), 13 — плече, 14 — груднина, 15 — коракоїд, 16 — ключиця

Скелет. У хребті більшості амфібій виділяють такі відділи: шийний (один хребець), тулубний (від семи до ста), крижовий (один), хвостовий (до ста). Шийний хребець забезпечує обмежену рухомість голови. З тулубними хребцями хвостатих земноводних (наприклад тритонів) зчленовуються короткі ребра, які, проте, не сполучені з грудниною, тож грудна клітка у всіх амфібій відсутня. Крижовий хребець є опорою для задніх кінцівок. У безхвостих земноводних (ропухи, жаби) усі хвостові хребці зростаються. Верхні дуги всіх хребців утворюють спинномозковий канал. Хорда здебільшого редукується. У черепі є тенденція до зрощення кісток і зменшення їхньої кількості.

Пояс передніх кінцівок (коракоїд, ключиця і лопатка) лежить у товщі мускулатури й не прикріплюється ні до черепа, ні до хребта. Тазовий пояс (клубова та сіднична кістки, лобковий хрящ) з'єднується з крижовим хребцем. Передні кінцівки представлені плечем (складається з плечової кістки), передпліччям (складається з ліктьової та променевої кісток, які у безхвостих часто зростаються), кистю (кістки зап'ястка, п'ястка та фаланги пальців). Задні кінцівки представлені стегном (складається зі стегнової кістки), гомілкою (складається з великої та малої гомілкових кісток, які також можуть зростатися), стопою (кістки передплесна, плесна, фаланги пальців).

Мускулатура. Сегментарна будова м'язів зберігається деякою мірою тільки в тулубному відділі. М'язи кінцівок у зв'язку з їх сильним диференціюванням втрачають метамерію.

Нервова система й органи чуттів. Передній мозок складається з двох півкуль, вкритих первинною корою. У спинному мозку є два потовщення, які відповідають переднім і заднім кінцівкам. Зір у амфібій не дуже гарний, що пов'язано з переходом у нове середовище існування. Є рухомі повіки, які захищають очі від пилу. Оскільки в повітрі звук проводиться гірше, ніж у воді, у земноводних з'являється порожнина середнього вуха, відокремлена від зовнішнього середовища барабанною перетинкою. Органи бічної лінії є тільки у личинок і деяких безхвостих, які повернулися до водного способу життя.

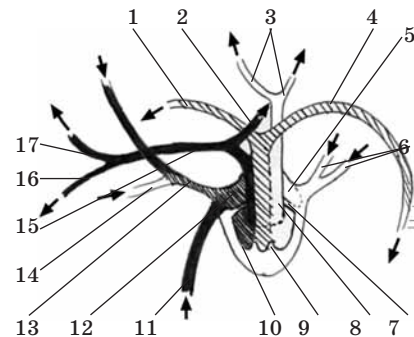
Травна система. Дорослі амфібії живляться дрібними безхребетними, яких захоплюють у багатьох випадках за допомогою довгого язика. У захопленні здобичі можуть брати участь зуби (у жаб вони відсутні). У ротіву (ротоглоткову) порожнину відкриваються протоки слинних залоз. Їх секрет змочує їжу, але не містить травних ферментів. Їжа надходить у короткий стравохід, далі до шлунка, тонкого та товстого кишечника. Пряма кишка відкривається в клоаку. Печінка та підшлункова залоза розвинені добре.

Дихальна система. Легені амфібій мають комірчасту структуру. Оскільки грудна клітка відсутня, дихання здійснюється роботою ротоглоткового насоса: повітря через хоани проходить у ротіву порожнину, а скороченнями м'язів дна ротової порожнини нагнітається в легені. Такий спосіб не дуже ефективний, тому у більшості земноводних істотну роль відіграє шкірне дихання.

У багатьох безхвостих є голосові зв'язки, що беруть участь у відтворенні звуків, які можуть посилюватися резонаторами (у самців), здатними роздуватися.

Кровоносна система. Особливістю кровоносної системи амфібій є трикамерне серце і два кола кровообігу — велике (системне) і мале (легеневе). Серце складається з двох передсердь (пра-

вого та лівого) і шлуночка. На межі між передсердям і шлуночком є клапани. У праве передсердя надходить насичена вуглекислим газом (венозна) кров із порожнистих вен, а в ліве — збагачена киснем (артеріальна) кров з легеневих вен. Унаслідок скорочення передсердя кров проштовхується в шлуночок, де частково змішується, проте завдяки наявності особливих м'язових складок, повного перемішування артеріальної та венозної крові не відбувається. Під час скорочення шлуночка кров надходить у велику кровоносну судину, яка розділяється на три пари артерій. Артеріальна кров надходить до голови, а змішана по спинній аорті — до всіх органів. Венозна кров із заднього відділу тіла збирається в задню порожнисту вену; кров від голови та передніх кінцівок потрапляє в передню порожнисту вену. Порожністі вени відкриваються в праве передсердя. Мале коло кровообігу починається в правій частині шлуночка, звідки венозна кров потрапляє в легеневі артерії. У легенях відбувається її насичення киснем, і артеріальна кров повертається до серця легеневицими венами, які впадають у ліве передсердя.



Кровоносна система земноводних:

- 1 — права дуга аорти, 2 — ліва шкірно-легенева артерія, 3 — права та ліва сонні артерії, 4 — ліва дуга аорти, 5 — ліве передсердя, 6 — легеневі вени, 7 — передсердно-шлуночковий клапан, 8 — велика судина, яка виходить із шлуночка, 9 — м'язові складки шлуночка, 10 — порожнина шлуночка, 11 — задня порожниста вена, 12 — праве передсердя, 13 — передня порожниста вена, 14 — шкірна вена, 15 — права шкірно-легенева артерія, 16, 17 — праві шкірна та легенева артерії. Темний колір — венозна кров, білий — артеріальна, штрихування — змішана

Система виділення. Виділення продуктів метаболізму (сечовини) здійснюється тулубними нирками. По сечоводах сеча потрапляє в сечовий міхур, де відбувається часткове всмоктування води, а далі — у клоаку.

Статова система та розвиток. Чоловічі статеві органи (сім'яники), відкриваються в клоаку сечостатевим отвором, а жіночі (яєчники) — яйцепроводами. Запліднення у більшості безхвостих зовнішнє, а у хвостатих і безногих переважає внутрішнє. Личинки (пуголовки), що виходять з яєць безхвостих, мають зябра, хвіст як орган руху та дихання, бічну лінію — ознаки, характерні для риб. Далі відбувається метаморфоз — розвиваються кінцівки, легені, у передсерді утворюється

перегородка, розсмоктується хвіст, і пуголовок перетворюється на маленьку жабу. В інших амфібій метаморфоз може відбуватися просто в яйці. У більшості безногих спостерігається живородіння.

Систематика. Клас Земноводні включає близько 4 тис. видів, об'єднаних у три ряди: Безногі, Хвостаті та Безхвості.

Ряд Безногі

Ці амфібії заселили ґрунт і повторно втратили кінцівки. Середнього вуха немає. Права легена дуже зменшена. Запліднення внутрішнє, багато видів — живородящі. Представники — черв'яги та рибозмії.

Ряд Хвостаті

Тіло видовжене, кінцівки розвинені слабо, багато з них перейшли до водного способу життя.

Тритони (звичайний, гребінчастий) — нічні тварини. Значно поширені в Європі, зустрічаються в Україні. Літо проводять у дрібних водоймах, а зимують на суходолі, під опалим листям, корчами.

Ряд Безхвості

Об'єднує близько 3 тис. видів. Тіло укорочене, хвіст зредукований (виняток — новозеландські хвостаті жаби). Поширені на суходолі й у прісних водах.

У родині Жаби налічується понад 300 видів. В Україні зустрічаються звичайна сіра (до 10 см) і менша зелена жаби. Деякі тропічні види жаб дуже отруйні.

Серед родини Справжні жаби в нашій країні мешкають озерна, ставкова, їстівна, гостроморда, трав'яна. У жаб шкіра гладенька, на щелепах розташовані зуби.

Клас Плазуни, або Рептилії

Рептилії, як вважають, виникли в карбоні (300 млн років тому) від примітивної групи стегоцефалів.

Еволюційні особливості будови:

- 1) збільшується поверхня легенів, з'являються повітряноні шляхи, тож шкіра перестає виконувати дихальну функцію; дихання відбувається за рахунок рухів грудної клітки;
- 2) більша рухливість голови забезпечується появою другого шийного хребця;
- 3) розвивається вторинна (тазова) нирка, яка забезпечує ефективнішу реабсорбцію води;
- 4) шлуночок серця має неповну перегородку;
- 5) виникають зародкові оболонки, які забезпечують розвиток ембріона в наземних умовах.

Розвиток легенів, ороговіння шкіри, поява зародкових оболонок дозволили багатьом рептиліям розвиватися без води, у посушливих районах, що було дуже важливо для їх розселення на суходолі та конкуренції з амфібіями та ссавцями.

Покриви. Верхні шари епідермісу роговіють, що перешкоджає випаровуванню води та проникненню мікроорганізмів. Шкіра практично позбавлена залоз.

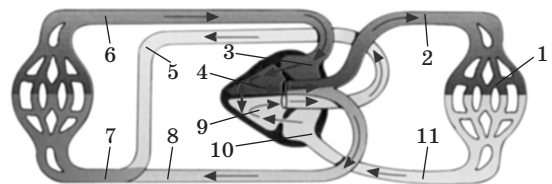
Скелет. Хребет складається з п'яти відділів: шийного, грудного, поперекового, крижового та хвостового. Шийний відділ хребта складається з двох хребців — атланта й епістрофея, що забезпечує значну рухливість голови. До грудних хребців прикріплюються ребра, які з'єднуються нижніми кінцями з грудниною, так що утворюється грудна клітка (у змії і безногих ящірок груднина відсутня). Ребра, що відходять від хребців поперекового відділу, вільно лежать у товщі мускулатури. Крижовий відділ складається з двох хребців, до яких кріпиться тазовий пояс. Череп практично повністю костеніє. Він складається з невеликої кількості кісток, що полегшує його вагу. Пояс передніх кінцівок (лопатка, коракоїд, ключиця) кріпиться до груднини і через неї з'єднується з хребтом. Тазовий пояс складається з трьох пар зрослих кісток (клубової, сідничої та лобкової). План будови вільних кінцівок у рептилій подібний до амфібій.

Нервова система й органи чуттів. Передній мозок значно більший за всі інші відділи. Півкулі вкриті корою. Добре розвинений мозочок. Очі захищені повіками та мигальною перетинкою (у змії повіки зростаються в прозору оболонку). Орган слуху подібний до такого ж у амфібій. Деякі види мають особливі органи, які сприймають зміни температури.

Травна система. Зуби не диференційовані. У змії з'являються отруйні зуби, що мають борозни або канали для відтоку отрути з отруйної залози. Язик і його мускулатура розвинені добре. З ротової порожнини їжа потрапляє в стравохід, потім до шлунка й у відносно довгий кишечник, який відкривається в клоаку. Печінка та підшлункова залоза розвинені добре.

Дихальна система. Комірчасті легені мають велику поверхню. Ротоглотковий механізм нагнітання повітря зберігається тільки у черепах. У решти видів вентиляція легенів здійснюється роботою грудної клітки. Повітря надходить у легені по трахеї, що розгалужується на два бронхи.

Кровоносна система.



Кровоносна система плазунів:

- 1 — легеневі капіляри, 2 — легенева артерія,
- 3 — праве передсердя, 4 — правий шлуночок,
- 5 — права дуга аорти, 6 — порожниста вена,
- 7 — спинна аорта, 8 — ліва дуга аорти, 9 — лівий шлуночок, 10 — ліве передсердя, 11 — легенева вена

Серце трикамерне, з неповною перегородкою у шлуночку (у крокодилів — чотирикамерне). У праве передсердя надходить венозна кров від усіх органів, у ліве — артеріальна кров із легених вен. Від правої частини шлуночка з венозною кров'ю відходить легенева артерія, від середньої — ліва дуга аорти зі змішаною кров'ю, від лівої — права дуга аорти з артеріальною кров'ю.

Система виділення. У рептилій з'являється вторинна (тазова) нирка, яка має досконаліший механізм реабсорбції води і розчинених у ній речовин. З нирок сеча по сечоводах надходить у сечовий міхур і клоаку, де також відбувається всмоктування води. Важливе пристосування для утримання рідини в організмі — утворення як продукту виділення сечової кислоти, виведення якої вимагає значно меншої витрати води, ніж сечовини в амфібій.

Статева система та розвиток. Чоловіча статевая система представлена парними сім'яниками, сполученими із сім'япроводами за допомогою придатка (залишок тулубної нирки). Сім'япроводи відкриваються в сечоводи. Самці більшості видів мають купулятивний орган. Жіноча статевая система складається з парних яєчників і яйцепроводів, які відкриваються безпосередньо в клоаку.

Запліднення внутрішнє, відбувається у верхній третині яйцепроводів. Під час проходження по яйцепроводах запліднене яйце вкривається яйцевими оболонками (шкаралуповою, білковою), які роблять можливим розвиток зародка поза водою. Шкаралупа дозволяє запобігти випаровуванню води та висиханню зародка, а також збільшити розмір яєць і об'єм запасених у ньому поживних речовин. У ящірок і змії шкаралупна оболонка відносно м'яка і пропускає вологу; тому яйця цих рептилій мають розвиватися у вологому середовищі. У крокодилів і черепах шкаралупа вапниста, водонепроникна. Для розвитку зародка в такій замкненій системі з'являються спеціальні пристосування:

- 1) білкова оболонка, що має запас води;
- 2) амніотична оболонка (амніон), заповнена рідиною, в яку занурений зародок;
- 3) алантоїс, який накопичує продукти обміну ембріона і доставляє зародку необхідну кількість кисню;
- 4) жовтковий мішок, що містить достатні запаси поживних речовин, тому розвиток рептилій відбувається без личинкової стадії та метаморфозу.

У рептилій зустрічається також яйцеживородіння та живородіння (деякі змії). Скельні ящірки розмножуються шляхом партеногенезу. Самці у цих видів невідомі.

Систематика. Клас Плазуни включає 6 тис. сучасних видів, згрупованих у ряди: Черепахи, Крокодили, Дзьобоголові, Лускати.

Ряд Черепахи

Близько 220 видів, серед яких морські, прісноводні, сухопутні. Тіло вкрите панциром — похідною епідермісу та дерми. Панцир зростається з хребтом і ребрами.

Ряд Крокодили

Включає 21 вид. Найбільші (до 9 м, маса понад 1,5 т) і найнебезпечніші для людини — нільські крокодили, що мешкають в Африці. Із сімейства алігаторів найбільшу небезпеку для людини становить міссісіпський алігатор (до 6 м). Каймани, близькі родичі алігаторів, мешкають у Південній Америці. Гавіал, що живе в Індії, невеликий, живиться рибою і жабами.

Ряд Лускати

Із 5500 видів близько 3200 припадає на групу ящірок. У нашій країні мешкають живородна і прудка ящірки, безногі ящірки — веретільниця і жовтопуз. Останній досягає 1,2 м завдовжки і дуже схожий на змію.

До родини ящірок належать варани (30 видів). Хамелеони пристосувалися до життя на деревах. Їхні очі можуть обертатися незалежно одне від одного, тіло змінює забарвлення під колір навколишнього середовища.

Представники групи змії мають довгий тулуб, позбавлений кінцівок і їхніх поясів; грудної клітки теж немає. Хребет складається з двох відділів: тулубного і хвостового. Найдовшими і наймасивнішими зміями є удави та пітони. Удави поширені в Америці, а пітони — мешканці Старого Світу.

Клас Птахи

Вважається, що птахи походять від стародавніх рептилій — архозаврів, відокремившись від них у тріасовому періоді.

Еволюційні особливості будови:

- 1) поява чотирикамерного серця і повне розділення артеріального та венозного кровотоків;
- 2) набуття теплокровності — здатності підтримувати постійну температуру тіла незалежно від умов навколишнього середовища.

Птахи оволоділи повітряним середовищем, і всі особливості їхньої організації спрямовані на пристосування до польоту. Передні кінцівки перетворені на крила, хребці тулубного відділу зростаються в єдину кістку — опору для плечового пояса, а груднина утворює виріст — кіль, який слугує місцем прикріплення сильної грудної мускулатури. Кістки черепа тонкі та легкі — це необхідно для переміщення центру ваги до центру тіла. Подвійне дихання і підвищена активність травних ферментів забезпечують збереження високої температури тіла та високої швидкості роботи м'язів. Вузька спеціалізація птахів до польоту, проте, обмежує їхні розміри, не дає можливості переднім

кінцівкам брати участь у захопленні їжі. Це у свою чергу приводить до перетворень деяких відділів тіла та змін у будові внутрішніх органів.

Покриви. Шкіра позбавлена залоз. Виняток становить куприкова залоза, жироподібний секрет якої, особливо у водоплавних, призначений для змазування пір'я, надання йому еластичності та незмочуваності. Пір'я — похідне шкіри; воно вкриває більшу частину тіла птахів і поділяється на контурне, пухове та ниткоподібне.

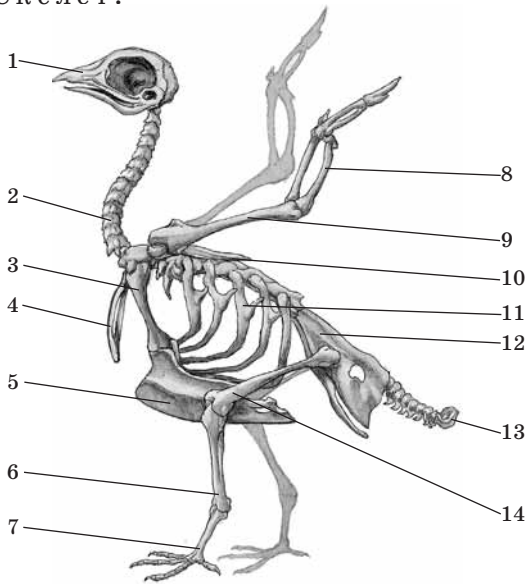
Контурні пера представлені маховими перами першого, другого та третього порядків — вони розташовані на крилі й забезпечують політ; покритими — вкривають крило зверху та знизу; рульовими — локалізовані на хвості, беруть участь у маневрах. Основою контурного пера є роговий стрижень, оточений опахалом, і очин, занурений у дерму. Опахало складається з борідок першого порядку, розташованих паралельно одна одній, від яких відходять борідки другого порядку з гачечками.

Пухові пера розташовані під контурними. Вони не мають суцільного опахала і виконують теплоізоляційну функцію.

Ниткоподібні пера розташовані в куточках рота багатьох комахоїдних птахів (наприклад ластівок) і є органами дотику.

Доглядаючи за своїм пір'ям, птах розгладжує його дзьобом, змащує секретом куприкової залози, відновлюючи взаємне розташування борідок першого та другого порядків. Зношене пір'я періодично замінюється новим.

Скелет.



Скелет птахів:

- 1 — череп, 2 — шийні хребці, 3 — коракоїд, 4 — вилочка, 5 — кіль, 6 — передплесно, 7 — цівка, 8 — променева кістка, 9 — лечова кістка, 10 — лопатка, 11 — ребра, 12 — кістки тазу, 13 — куприк, 14 — стегнова кістка

Череп птахів легкий, має великі очні ямки. Щелепи значно зредуковані та позбавлені зубів. Верхня щелепа вкрита роговим наддзьобком,

а нижня — піддзьобком. Обидві є рухомими щодо мозкового черепа.

Хребет птахів, як і в рептилій, складається з п'яти відділів: шийного, грудного, поперекового, крижового та хвостового. Шийний відділ дуже рухливий, представлений 11—25 хребцями. Відростки шийних хребців утворюють канал для судин і нервів. Хребці грудного, поперекового, крижового і частково куприкового відділів зростаються. Від грудних хребців відходять ребра, нижні кінці яких з'єднуються з грудниною. Груднина має виступ — кіль (немає у страусоподібних), який є місцем прикріплення сильної грудної мускулатури.

Пояс передніх кінцівок утворений лопатками, коракоїдами та ключицями, що зростаються у вилочку. Передні кінцівки складаються з плечової, ліктьової та променевої кісток; частина кісток зап'ястка зливається з п'ястком, а пальці піддаються редукції. Тазовий пояс утворений трьома парними кістками, які зрослися (сідничною, клубовою, лобковою), і міцно з'єднаний з хребтом, є опорою для задніх кінцівок, на які припадає вага тіла під час ходьби. Кістки трубчасті, заповнені повітрям, що полегшує їхню вагу. Задні кінцівки складаються з тих самих кісток, що й у рептилій, проте є декілька особливостей. Стегнова кістка велика та довга. Мала гомілкорова кістка зредукована і зростається з великою гомілковою, утворюючи сильну гомілку. Передплесно птахів має два відділи. Один його відділ зростається з великою гомілковою кісткою, а інший — з кістками плесна, утворюючи додатковий важіль — цівку. У більшості птахів задні кінцівки мають чотири пальці (у страуса два). У водяних видів між пальцями утворюється плавальна перетинка.

Нервова система й органи чуттів. Головний мозок добре розвинений. Великих розмірів досягає мозочок. Зір виконує важливу роль у житті птахів. Орган слуху складається з внутрішнього (завитка), середнього (порожнина з однією слуховою кісткою, сполученою з барабанною перетинкою) і зовнішнього (слуховий прохід зі шкірними складками) відділів. У птахів добре розвинені органи дотику та смаку; нюх слабкий (виняток становлять грифи).

Травна система. Форма та розміри дзьоба визначаються способом живлення. Різноманітні форма та розміри язика. Секрет слинних залоз змочує їжу, але не містить травних ферментів. З ротової порожнини їжа потрапляє у стравохід, який у багатьох птахів (голубів, папуг) розширюється у волю. Далі йде шлунок, що зазвичай складається з двох відділів — залозистого та м'язового. Стінки залозистого шлунка виділяють травні ферменти. У м'язовому шлунку частково перетравлена їжа перетирається, чому сприяють камінчики, які проковтнув птах. Кишечник диференційований на відділи — тонку, товсту та пряму кишку. Підшлункова залоза та печінка добре розвинені.

Дихальна система. Повітря потрапляє в легені через дихальні шляхи — гортань, трахею, бронхи. Дихальна поверхня легенів дуже велика. Крім того, від бронхів відходять вирости — повітряні мішки. Вони розташовані в грудній, черевній порожнині, заповнюють порожнини кісток. Основна функція — забезпечення подвійного дихання. Коли крила підіймаються — грудна клітка розширюється і повітря втягується в легені та повітряні мішки. Опускання крил приводить до стискання грудної клітки, виходу повітря з легенів і надходження в них повітря з повітряних мішків. Подвійне дихання дозволяє інтенсивно забезпечувати працюючі грудні м'язи киснем.

Кровоносна система. Серце велике, чотирикамерне. У праве передсердя надходить венозна кров від усього тіла, а з правого шлуночка до легенів ідуть легеневі артерії. У ліве передсердя відкриваються легеневі вени, які несуть насичену киснем кров. У разі скорочення лівого шлуночка артеріальна кров крізь праву дугу аорти потрапляє до внутрішніх органів. Редукція лівої дуги аорти дозволила повністю розділити артеріальну та венозну кров і підвищити кількість кисню, що доставляється до тканин.

Система виділення представлена тазовими нирками. Від кожної нирки відходить сечовід, який відкривається в клоаку. У птахів, як і у більшості рептилій, продуктом виділення є не сечовина, а сечова кислота. Птахи, які п'ють солону воду (пелікан, чайки, буревісник) мають додаткові органи виділення — носові залози, крізь які виводиться надлишок солей.

Статеві система та розвиток. Статеві органи самця представлені сім'яниками; сім'явивідні протоки відкриваються в клоаку. Парувальних органів немає — сперма потрапляє в статеві шляхи самки під час дотику клоак птахів. У самок розвиваються лише лівий яєчник і яйцепровід, що пов'язано, очевидно, з відкладанням великих яєць. Під час проходження заплідненої яйцеклітини по яйцепроводу навколо неї формуються яйцеві оболонки. Яйця птахів мають великий запас жовтка (джерело поживних речовин для зародка) і білка (джерело води). На одному з полюсів яйця є повітряна камера, що містить запас повітря.

Самки відкладають різну кількість яєць (у пінгвінів — одне, у куріпки — до двадцяти), з різним інтервалом, у спеціально побудоване гніздо або на землю. Більшість видів висиджують яйця (це може робити як самка, так і самець), підтримуючи оптимальну температуру для розвитку зародка. Для деяких характерний гніздовий паразитизм (зозулі, ткачики) — яйця підкладаються в гнізда інших видів. Після вилуплення пташенят птахи демонструють складні форми турботи про потомство.

За способом розвитку пташенят птахи поділяються на виводкових і нагнізdnих. Пташенята виводкових птахів (журавлі, гагари, чайки,

фламінго) відразу після виходу з яйця можуть самостійно пересуватися, а деякі здатні розшукувати їжу. Молоді нагнізdnі птахи (дятли, пелікани, голуби, зозулі) виходять з яйця із слабкорозвинутою мускулатурою кінцівок, неопушені, сліпі. Ці пташенята абсолютно беспорядні й перший час життя проводять у гнізді.

Багато птахів здійснюють сезонні перельоти. Стимулом до міграції є періодичні зміни зовнішніх умов — температури, освітленості, живлення. Часто перельоти здійснюються на дуже великі відстані. Так, білий лелека, що гніздиться у нашій країні, зимує в Південній Африці, а полярні криачки мігрують із заполярних областей Євразії до Австралії, пролітаючи до 18 тис. км.

Систематика. Відомо близько 9 тис. видів птахів. Вони поширені на всіх материках земної кулі за винятком внутрішніх районів Антарктиди.

Ряд Лелекоподібні

Живуть на мілководді, а тому мають довгі ноги. Серед них є великі птахи, розмах крил яких сягає 3 м (африканський марабу). Представники: чаплі (велика біла, сіра), лелеки (білий, далекосхідний), ібіси (священний, яскраво-червоний).

Ряд Соколоподібні

Для всіх видів характерний міцний, гачкуватий дзьоб. Ноги помірної довжини, але дуже сильні, з гострими кігтями. Більшість веде хижий спосіб життя; грифи та кондори живляться мертвечиною. Зір у 3—8 разів гостріший, ніж у людини. Представники: кондори (каліфорнійський, королівський), птах-секретар, шуліки (димчастий, чорний), стерв'ятники (звичайний, бурий), грифи (африканський вухатий, чорний), яструби (перепелятник, смугастий), орли (степовий, беркут), соколи (попелястий, кречет).

Ряд Куроподібні

Більшість представників ряду веде наземний спосіб життя. Літають погано. Оперення щільне. Кількість яєць у кладці може досягати 25. Представники: курки, індички, куріпки, рябчики, перепели, фазани, павичі.

Ряд Совоподібні

Включає 134 види. Більшість сов — хижак, що ведуть нічний спосіб життя. Зір і слух розвинені дуже добре. Ноги з міцними зігнутими кігтями, пристосовані до захоплення живої здобичі (гризуни). Завдяки особливій будові махового пір'я літають безшумно. Представники: сови (полярна, яструбина, реготуха, вухата), пугачі (звичайний, американський), сичі, сипухи.

Ряд Горобцеподібні

Найчисленніший ряд: налічує близько 5 тис. видів. Поширені повсюдно, відрізняються великою різноманітністю ознак. Представники: ластівки (міська, берегова, скеляста), жайворонки (польовий, чубатий, чорний), трясогузки (біла, деревна), дрозди (чорний, строкатий), солов'ї (звичайний,

південний), синиці, в'юрки, ткачики, шпаки, жайворонки, іволги. Значно поширені в Україні граки — вугільно чорні, з великим міцним дзьобом, особливо численні восени й узимку, сіра ворона — сіро-чорна, з білими грудьми. У сільській місцевості поблизу лісосмуг часто можна бачити крука — великого птаха чорного забарвлення.

Клас Ссавці, або Звірі

Ссавці походять, імовірно, від стародавніх рептилій з групи звірозубих.

Основні прогресивні ознаки класу:

- 1) живородіння з періодом внутрішньоутробного розвитку; взаємодія материнського організму із зародком здійснюється через плаценту;
- 2) вигодовування дитинчат молоком — секретом молочних залоз;
- 3) підтримка постійної температури тіла, що досягається розділенням артеріальної та венозної крові, високою кисневою ємністю без'ядерних еритроцитів, розвитком теплоізолюючого волосяного покриву та підшкірної жирової клітковини;
- 4) диференціювання зубів за функціями — пристосування до живлення різноманітною їжею;
- 5) зміни в скелеті кінцівок і їх поясів, що дають можливість швидко переміщатися, розселятися й активно переслідувати здобич;
- 6) прогресивний розвиток головного мозку й органів чуттів.

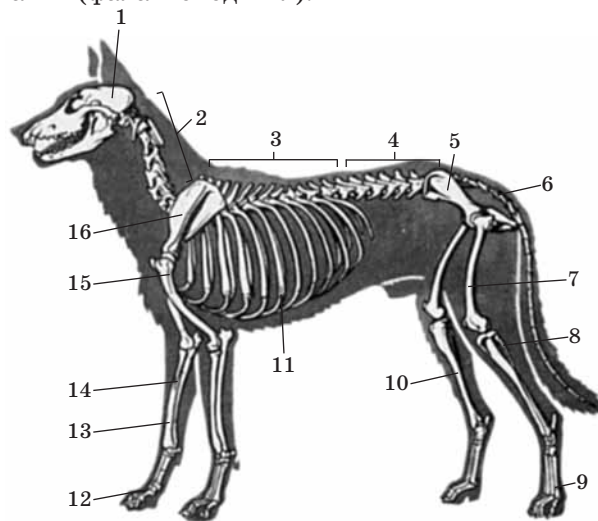
Покриви. Шкіра ссавців складається з епідермісу, дерми та підшкірної жирової клітковини. Епідерміс багат шаровий, верхні шари роговіють. Похідними епідермісу є волосся, кігті (нігті), копита, шкірні залози, рогові луски. У дермі містяться потові залози (вони відсутні у китоподібних, ящерів, нечисленні у собак, кішок, гризунів), сальні залози, коріння волосся. Розвиток волосяного покриву визначається місцем існування. У північних видів він густий, з добре вираженим підшерстям, у китоподібних — зредукований. Особливий вид волосся становлять вібриси, які розташовані на голові, шії й виконують дотикову функцію. Видозмінене волосся — голки, — властиве деяким видам (їжаки, дикобрази), слугує для захисту. Підшкірна жирова клітковина містить запаси жиру — джерела поживних речовин, води, термоізолятора.

Скелет. Скелет представлений хребтом, черепом, скелетом кінцівок і їх поясів. Мозковий відділ черепа великий, що пов'язано з великими розмірами мозку ссавців. Хребет складається з тих самих відділів, що й у птахів: шийного, грудного, поперекового, крижового та хвостового. Кількість хребців у шийному відділі дорівнює 7 (виняток становлять лінивці — 6—9). Рухливість голови

забезпечується особливою будовою перших двох шийних хребців — атланта й епістрофея. Кількість грудних хребців варіює від 9 до 25. З ними зчленовуються ребра, які формують грудну клітку.

Пояс передніх кінцівок представлений лопаткою і ключицею. Коракоїди зредуковані. У видів, що швидко пересуваються, кінцівки яких рухаються тільки в одній площині, зникають і ключиці. Передні кінцівки складаються з відділів: плеча (плечова кістка), передпліччя (ліктьова, променева кістки), кисті (кістки зап'ястка, п'ястка, фаланги пальців). У китоподібних передні кінцівки дуже змінюються, перетворюючись на ласти: плечова, ліктьова та променева кістки коротшають, а кількість фаланг пальців збільшується. Усі пальці кажанів (окрім першого) подовжуються, між ними з'являються перетинки. У кротів кістки кисті міцні, а решта відділів укорочена. Тазовий пояс утворений зрощенням клубових, сідничних і лобкових кісток одна з одною і з крижовим відділом хребта. Задні кінцівки складаються з відділів: стегно (стегнова кістка), гомілка (велика та мала гомілкові кістки), стопа (кістки передплесна, плесна, фаланги пальців).

Кількість пальців на обох кінцівках варіює від п'яти до одного залежно від способів пересування та існування. Так, ведмеді та мавпи під час ходьби спираються на всю долоню та ступню (стопоходіння), собаки — тільки на пальці (пальцеходіння), у зв'язку з чим зап'ясток і передплесно у них трохи піднімаються. У копитних спостерігається ще більша спеціалізація: усі пальці, окрім третього та четвертого (у парнокопитних) або одного третього (у непарнокопитних), редукуються; трохи піднімається п'ясток, плесно і навіть фаланги (фалангоходіння).



Скелет ссавців:

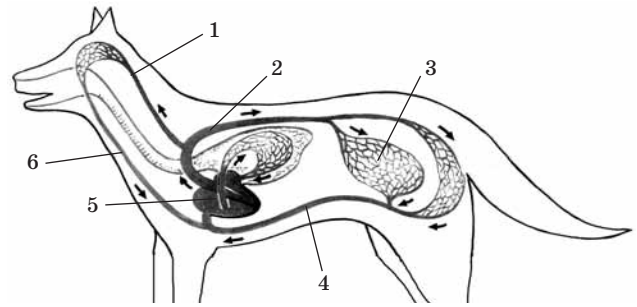
- 1 — череп, 2 — шийні хребці, 3 — грудні хребці, 4 — крижові хребці, 5 — тазові кістки, 6 — хвостові хребці, 7 — стегнова кістка, 8 — мала гомілкова кістка, 9 — кістки плесна, 10 — велика гомілкова кістка, 11 — ребра, 12 — кістки п'ястка, 13 — ліктьова кістка, 14 — променева кістка, 15 — плечова кістка, 16 — лопатка

Нервова система й органи чуттів. Передній мозок ссавців досягає великих розмірів. З'являється нова кора; для збільшення поверхні мозку та кількості нервових клітин виникають борозни і звивини. Спинний мозок розташований у спинномозковому каналі. Від нього відходять нерви, іннервуючі м'язи та внутрішні органи. Добре розвинена автономна нервова система. Для багатьох видів основним органом чуттів є орган нюху. Деякі ссавці добре бачать, а у сліпака очі редукуються. Орган слуху представлений внутрішнім, середнім і зовнішнім вухом. З'являється вушна раковина, яка виконує роль локатора. У порожнині середнього вуха крім стремінця (яке є в амфібій, рептилій і птахів) з'являються коваделко і молоточок, що значно підсилює чутливість сприйняття звуків. Дельфіни, кажани та деякі інші види мають здатність до ехолокації.

Травна система. Травний тракт ссавців характеризується великою довжиною і добре вираженим диференціюванням на відділи. По краях ротового отвору утворюються м'язисті складки — губи (їх розвиток пов'язаний із живленням дитинчати молоком матері). Ротова порожнина обмежена з боків м'язистими стінками — щоками, характерними тільки для ссавців. Язик у різних видів слугує для захоплення їжі, пиття, формування харчової грудки тощо. У ротову порожнину відкриваються протоки слинних залоз, секрет яких змочує і частково перетравлює їжу. Зуби завжди сидять у лунках — заглибинах щелепних кісток. Вони більшою чи меншою мірою диференційовані на різці, ікла і кутні. Кількість зубів варіює від декількох до 200 (дельфіни); ехидна, мурахіди та деякі кити беззубі. Кількість зубів є важливою систематичною ознакою й описується зубною формулою. За ротовою порожниною починаються глотка, стравохід, шлунок. Найскладніша будова шлунка у жуйних: він складається із чотирьох відділів — рубця, сітки, книжки та сичуга. Кишечник диференційований на відділи: тонку, товсту і пряму кишку. Підшлункова залоза і печінка, яка складається із частинок, добре розвинені.

Дихальна система. Повітря надходить у легені повітроносними шляхами: носовими раковинами, гортанню, трахеєю, бронхами. Гортань складається з хрящів; має дві пари голосових зв'язок. Бронхи дуже розгалужуються і закінчуються альвеолами, обплутаними кровоносними капілярами. У альвеолах відбувається газообмін. Вентиляція легенів забезпечується рухами грудної клітки й особливого м'яза — діафрагми.

Кровоносна система. Серце чотирикамерне; у правому його відділі міститься венозна кров, у лівому — тільки артеріальна. Два кола кровообігу. Від лівого шлуночка відходить ліва (а не права, як у птахів) дуга аорти. Еритроцити ссавців без'ядерні й мають форму двоввігнутих дисків.



Кровоносна система ссавців:

1 — сонна артерія, 2 — ліва дуга аорти, 3 — капілярна сітка печінки, 4 — нижня порожниста вена, 5 — серце, 6 — верхня порожниста вена

Система виділення. Тазові нирки мають бобоподібну форму. Від кожної нирки відходить сечовід, який зазвичай впадає в сечовий міхур. Від останнього тягнеться сечовивідний канал. Кінцевий продукт білкового обміну — сечовина, а не сечова кислота, як у рептилій і птахів. Сечовина добре розчиняється у воді, тому вона легко проникає крізь плаценту з крові зародка в кров матері, не отруюючи клітини організму, що розвивається.

Статеві органи та розвиток. Жіночі статеві органи представлені парою яєчників, розташованих у черевній порожнині. У яєчниках дозрівають фолікули, які містять яйцеклітини. Зрілий фолікул лопається, і яйцеклітина потрапляє у лійку яйцепровода. Яйцепроводи утворюють розширення — матку, яка веде в піхву. Чоловічі статеві органи складаються з парних сім'яників, розташованих здебільшого у мошонці (виняток становлять кити, слони та деякі інші види, у яких вони розташовані в черевній порожнині), їх придатків, сім'япроводів, статевих залоз і копулятивного органа — статевого члена. Сім'япроводи впадають у сечовивідний канал, тож він виконує у самців подвійну функцію — виділення сечі та виведення сперми.

Запліднення відбувається в яйцепроводах, після чого зигота починає інтенсивно ділитися і просувається до матки. У матці з алантоїса і серозної оболонки, що вкриває його, формується плацента (відсутня у яйцекладних). Її вирости вкорінюються в стінку матки, так що кровоносні судини матері та плоду проходять дуже близько одні від одних.

Після народження самка вигодовує дитинчат молоком. Молочні залози становлять собою видозмінені потові залози. Їхні протоки відкриваються здебільшого на сосках, які можуть розташовуватися на грудях (примати, кажани), на череві (хижаки), у паховій зоні (копитні).

Систематика. Відомо близько 4 тис. видів ссавців. Клас Ссавці поділяють на два підкласи: Першозвірі, до якого належить один ряд — Однопрохідні, та Справжні звірі, в якому виділяють 19 рядів.

Підклас Першозвірі

Ряд Однопрохідні, або Яйцекладні

Найдавніші. Поєднують ознаки рептилій і ссавців: відкладають яйця, мають коракіди,

клоаку, але є хутрянний покрив і молочні залози. Останні, проте, примітивні й не мають сосків. Зуби відсутні. До цього ряду належать два види схи́дн і один вид качконо́са. Качко́ніс живе у водо́ймах Австралі́ї, має «дзьоб» (розширення морди), подібний до качино́го, і лапи з перетинками.

Підклас Справжні звірі

Ряд Сумчасті

У більшості видів є сумка для виношування дітей, в яку відкриваються протоки молочних залоз. Зародок починає розвиватися в матці, але живиться вмістом жовткового мішка. Коли запас поживних речовин закінчується, крихітний зародок залишає статеві шляхи матері й пересувається по її тілу до сумки. Представники: опосуми (звичайний, південний), валабі (болотний, чагарниковий), кенгуру (великий сірий, гірський), коала.

Ряд Комахоїдні

Невеликі звірі масою від 2 г до 2 кг. Головний мозок з відносно великим нюховим відділом, розміри півкуль невеликі, у багатьох без борозен і звинин, не вкривають зверху мозочок. Органи зору майже у всіх сформовані слабко, а у деяких очі приховані під шкірою. Представники: їжаки (європейський, вухатий), вихухолі (російська, піренейська), кроти (європейський, малий), буро-зубки (мала, звичайна).

Ряд Гризуни

Характерна ознака — наявність двох різців на верхній і нижній щелепах, які не мають коренів і ростуть усе життя. Це пов'язано з вживанням у їжу рослин. Розміри дуже варіюють — від 5 см до 130 см. Представники: дикобрази (великохвостий, смугастий), шиншила, бобер, бабаки (довгохвостий, лісовий), ховрахи (жовтий, крапчастий), білки (звичайна, сіра), соні (садова, ліщинова), тушканчики (великий, малий), миші (польова, лісова, хатня), пацюки (сірий, або коморний), хом'яки (білоногий, карликовий), полівки (сіра, звичайна), ондатра.

Ряд Хижі

Представники ряду характеризуються різноманітністю розмірів і зовнішнього вигляду. Ікла добре розвинені; є так звані хижі зуби, що відрізняються гострими ріжучими горбиками. Анальні залози виділяють пахучі речовини, які слугують для маркіровки (позначення) території. Хижаки ведуть поодинокий або сімейний спосіб життя. Ряд об'єднує декілька родин: вовчі (вовки, койоти, шакали, собака Дінго, свійський собака); ведмежі; енотові; куницеви (ласка, горностаї, соболь, куниця, борсук, сунс, видра); гіенові; котячі (пума, ягуар, лев, тигр, леопард, гепард, сніжний барс, або ірбіс).

Ряд Ластоногі

Водні ссавці, які в період розмноження виходять на суходіл. Великі тварини — деякі тюлені сягають довжини 6 м і маси 5 т. Кістки кінцівок, за винятком кисті та стопи, дуже укорочені. Пальці мають

шкірясту перетинку і перетворені на ласти. Волосяний покрив зредукований. Шар підшкірного жиру дуже товстий. Ікла добре розвинені. Представники: морські котики, морські леви, моржі, тюлені.

Ряд Китоподібні

Кити та дельфіни спеціалізовані до життя та пересування у воді; деякі види сягають 25—33 м завдовжки та маси 100—150 т. Для скелета характерна втрата задніх кінцівок і тазового пояса. Пальці передніх кінцівок мають збільшену кількість фаланг. У багатьох китів щелепи видовжені у зв'язку з розвитком щільного апарату (китового вуса) — пристосування для фільтрації планктону з води. Ніздрі містять клапани, які закриваються під час пірнання і не пропускають воду в дихальні шляхи. Представники: група вусатих китів (синій кит, фінвал, полосатики); група зубатих китів (кашалоти, дельфіни, косатки).

Ряд Непарнокопитні

Найбільшого розвитку досягає третій палець обох кінцівок. Ключиць немає. Представники: тапіри, носороги, зебри, осли, коні.

Ряд Парнокопитні

Добре розвинені третій і четвертий пальці кінцівок, фаланги яких одягнені копитами. Ключиць немає. Представники: свині (дика, або кабан, бабірусса), гіпопотами, олені, козулі, лосі, окапі, жирафи, антилопи, газелі, козли, барани, буйволи.

Ряд Примати

Близько 200 видів. Передні кінцівки п'ятипалі, пальці добре розвинені, кінцеві фаланги мають нігті. Головний мозок досягає найвищого розвитку серед хребетних. Два підряди: нижчі примати (лемури, довгоп'яти); вищі примати (мави, павіани, макаки, гібони, орангутанги, шимпанзе, горили). До ряду приматів належить вид Людина розумна.

Основні ароморфози царства Тварини

Губки: 1) Диференціювання клітин, тенденція до утворення тканин; 2) Поява екто- й ентодерми.

Кишквопорожнинні: 1) Відокремлення мезоглеї; 2) Поява нервової системи дифузного типу.

Плоскі черви: 1) Поява двобічної симетрії; 2) Виникнення мезодерми; 3) Формування травної, статевої систем; 4) Поява м'язової тканини.

Круглі черви: 1) Наскрізна травна система; 2) Поява первинної порожнини тіла; 3) Поява окремих м'язів; 4) Роздільностатевість.

Кільчасті черви: 1) Поява вторинної порожнини тіла; 2) Концентрація нервових клітин; 3) Поява метанефридів; 4) Замкнена кровеносна система, що виконує функцію перенесення кисню; 5) Сегментація тіла; 6) Поява дихальної системи (у Багатощетинкових).

Молюски: Черепашка як захисний механізм.

Членистоногі: 1) Поява важельних кінцівок; 2) Зовнішній скелет; 3) Поява поперечносмугастої мускулатури; 4) Розділення тіла на відділи;

5) Концентрація нервових клітин на передньому кінці тіла.

Хордові: 1) Поява внутрішнього скелета; 2) Трубочаста нервова система; 3) Замкнена кровоносна система; серце на черевному боці тіла; 4) Перетворення дихальної та травної систем.

Кісткові та Хрящові риби: 1) Череп, кісткові щелепи; 2) Парні кінцівки з внутрішнім скелетом.

Земноводні: 1) Легені як органи наземного дихання; 2) Трикамерне серце та друге коло кровообігу; 3) Середнє вухо.

Плазуни: 1) Грудна клітка — захист органів і механізм ефективного дихання всисного типу; 2) Поява тазової нирки; 3) Роговиння шкіри; 4) Диференціювання хребта на відділи; 5) Поява зародкових і яйцевих оболонок; 6) Поява неповної перегородки в шлуночку серця.

Птахи: 1) Теплокровність як результат повного розділення кровообігу й ефективної системи дихання; 2) Поява крил — органа польоту й освоєння нової екологічної ніші.

БІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ

У широкому розумінні біологію людини можна визначити як науку про форму, будову, походження і розвиток людського організму, його систем і органів. Основу біології людини складають анатомія, фізіологія і гістологія.

Нині біологія людини об'єднує безліч наукових напрямків і продовжує інтенсивно розвиватися.

ТКАНИНИ, ОРГАНИ, СИСТЕМИ ОРГАНІВ

Тканини

Тканина — це сукупність міжклітинної речовини та клітин, подібних за будовою, походженням, які виконують одні й ті самі функції.

В організмі людини виділяють чотири типи тканин: епітеліальну, сполучну, м'язову та нервову.

Епітеліальна тканина

Епітеліальна тканина вкриває поверхню тіла, вистилає слизові оболонки, відокремлюючи організм від зовнішнього середовища. Вона виконує захисну й обмінну функції. Епітеліальні клітини щільно притиснуті одна до одної та розташовуються у вигляді пласта. Виділяють одношаровий, багатшаровий і залозистий епітелій.

Одношаровий епітелій вистилає кровоносні судини, кишечник, легеневі альвеоли, капсули нирок. Клітини, з яких він складається, можуть мати різну форму, залежно від якої виділяють одношаровий кубічний, одношаровий стовпчастий епітелій тощо.

Багатшаровий епітелій утворює поверхню шкіри, ротову порожнину, стравохід. Клітини багатшарового епітелію розташовуються в декілька шарів (у шкірі до п'яти). Внутрішні клітини інтенсивно діляться, завдяки чому відбувається швидке оновлення епітелію і відновлення пошкоджених ділянок.

Залозистий епітелій складає основу залоз і виробляє особливі речовини. Розрізняють ендокринні (внутрішньої секреції) й екзокринні (зовнішньої секреції) залози. Ендокринні залози (надниркові залози, щитоподібна залоза та ін.) не мають власних вивідних проток і виділяють речовини, які вони продукують, — секрети — безпосередньо в кров. Екзокринні залози (слинні, потові, слізні) виділяють речовини через спеціальні протоки в порожнину тіла або на його поверхню.

Сполучна тканина

Сполучна тканина виконує різноманітні функції: опорну, захисну, живильну (трофічну), транспортну, запасуючу. Виділяють такі типи сполучної тканини: власне сполучна тканина, сполучна тканина зі спеціальними функціями, тверда сполучна тканина, рідка сполучна тканина.

Власне сполучна тканина складається з клітин (фібробластів) і міжклітинної речовини (волокна

з білків колагену й еластину); її поділяють на пухку та щільну. Пухка сполучна тканина з'єднує шкіру зі структурами, які лежать під нею, вкриває кровоносні судини та нерви. Щільна сполучна тканина утворює дерму, сухожилки, зв'язки.

Сполучна тканина зі спеціальними функціями представлена жировою тканиною і пігментними клітинами. Жирова тканина складається з клітин (ліпоцитів) і утворює жирові депо організму — підшкірну жирову клітковину, сальники. Пігментні клітини розсіяні в шкірі; вони містять пігмент меланін, який захищає організм від ультрафіолетового випромінювання.

Тверда сполучна тканина представлена кістковою і хрящовою тканинами, а рідка — кров'ю та лімфою.

М'язова тканина

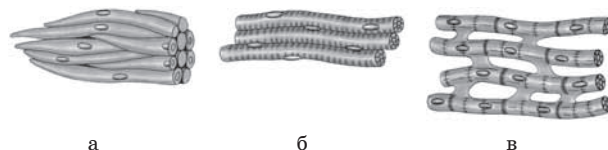
М'язова тканина виконує рухову (моторну) функцію. Клітини м'язової тканини називають міоцитами. У цитоплазмі міоцитів розташовуються міофібрили, що складаються зі скоротливих білків. Завдяки міофібрилам м'язова клітина здатна скорочуватися. Розрізняють гладеньку та поперечносмугасту (посмуговану) м'язові тканини.

Гладенька м'язова тканина складається з дрібних (до 500 мкм) видовжених клітин. Ядро таких міоцитів розташовується в центральній частині, а тонкі міофібрили тягнуться від одного кінця клітини до іншого. Гладенька м'язова тканина утворює стінки кровоносних і лімфатичних судин, внутрішніх органів (травного тракту, сечового міхура, матки). Вона забезпечує перистальтику кишечника, зміну просвіту судин, пологи, сечовипускання та інші життєво важливі процеси.

Поперечносмугаста м'язова тканина утворює поперечносмугасту скелетну і серцеву мускулатуру. Структурною одиницею скелетної посмугованої м'язової тканини є м'язове волокно. Волокно має циліндричну форму і довжину до 4 см. Воно становить собою симпласт — утвори з багатьох клітин звичайних розмірів, які у процесі ембріонального розвитку зливаються одна з одною. М'язове волокно містить сотні клітинних ядер, розташованих у пристінному шарі. Центральну частину волокна займають міофібрили, мітохондрії та ендоплазматичний ретикулум. Міофібрили розташовані точно паралельно одна одній; скоротливі білки (актин і міозин), з яких вони складаються, мають різне світлозаломлення. Скелетна поперечносмугаста м'язова тканина утворює скелетні м'язи, входить до складу язика, глотки, верхнього відділу стравоходу.

Серцева поперечносмугаста м'язова тканина складає основу серцевого м'яза. Вона утворена не симпластом, а поодинокими клітинами (кардіоміоцитами) завдовжки до 100 мкм. Кардіоміоцит

має одне або декілька ядер, розташованих на периферії клітини, і міофібрили — у центральній частині. Міоцити серцевого м'яза щільно притиснуті один до одного, завдяки чому забезпечуються їхні узгоджені скорочення.



М'язові тканини:

а — гладенька, б — поперечносмугаста серцева, в — поперечносмугаста скелетна

Нервова тканина

Нервова тканина складається з нервових клітин — нейронів. Клітини іншого типу — нейроглії — оточують нейрони й виконують опорну, трофічну та захисну функції. Нервова тканина має дві дуже важливі властивості: збудливість — здатність генерувати нервовий імпульс у відповідь на подразник, і провідність — здатність передавати збудження.

Органи та їх системи

Тканини утворюють органи. Орган — частина тіла з певною формою, будовою і функцією. Кожний орган містить усі види тканин, одна (або декілька) з яких є основною і виконує головну функцію органа. Органи анатомічно та функціонально об'єднуються в системи органів — сукупність окремих органів, що виконують в організмі загальну функцію. В організмі людини виділяють такі системи органів: опорно-рухову (кістково-м'язову), нервову, ендокринну, травну, дихальну, кровоносну (серцево-судинну), сечовидільну, статеву (репродуктивну).

Опорно-рухова система

Опорно-рухова система складається з кісток, їх з'єднань і скелетних м'язів.

Кістки

Функції кісткової системи:

- 1) захисна (кістки черепа захищають головний мозок, грудна клітка — легені та серце, кістки тазу — репродуктивні органи);
- 2) опорна (підтримує сталу форму тіла, створює опору внутрішнім органам);
- 3) рухова (кістки утворюють систему важелів, які приводяться в рух м'язами, прикріпленими до них);

- 4) метаболічна (беруть участь в обміні мінеральних солей);
- 5) кровотворна (червоний кістковий мозок — орган кровотворення).

Хімічний склад кістки. Кістка складається з мінеральних та органічних речовин. Мінеральні речовини представлені в основному солями Кальцію. Вони забезпечують міцність кістки. З органічних сполук переважає білок осеїн, вітаміни. Співвідношення цих речовин визначає міцність кістки. Так, у разі нестачі вітаміну D в період формування кісток підвищується їхня гнучкість, розвивається рахіт.

Будова кістки. Ззовні кістка, за винятком суглобових поверхонь, вкрита окістям. Окістя є сполучнотканинною пластинкою, багатою на кровоносні судини й нерви. Завдяки інтенсивному поділу клітин окістя відбувається ріст кістки в товщину та її відновлення після пошкоджень. Безпосередньо під окістям розташована власне кісткова тканина, що складається з кісткових пластинок. Кожна кісткова пластинка у свою чергу складається з клітин — остеоцитів — і міжклітинної речовини. Залежно від розташування кісткових пластинок виділяють компактну та губчасту речовину кістки. Структурною одиницею компактної речовини є остеон. Остеон (діаметр 0,3—0,4 мм) складається з 5—20 циліндричних кісткових пластинок, вставлених одна в одну; у центрі остеона розташований центральний канал, в якому проходять судини та нерви кістки. У компактній речовині остеони щільно притиснуті один до одного. У губчастій речовині кісткові пластинки перетинаються під кутом, утворюючи безліч комірок. Таке розташування пластинок забезпечує рівномірний розподіл тиску у разі навантаження на кістку. У комірках губчастої речовини міститься кістковий мозок. У різних типах кісток і навіть у різних ділянках однієї й тієї ж кістки співвідношення компактної та губчастої речовини неоднакове.

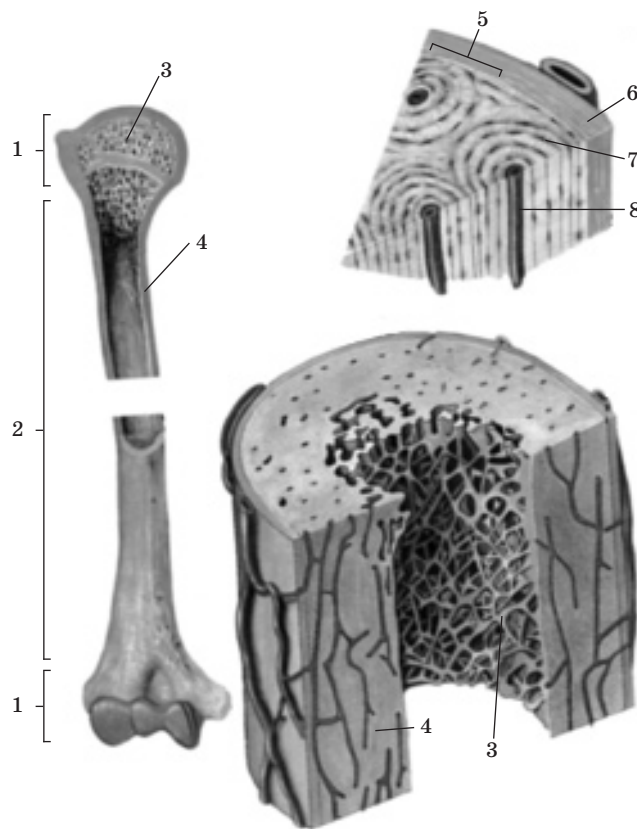
Класифікація кісток. За формою та структурою виділяють такі типи кісток.

Трубчасті кістки складаються з тіла — діяфізу — та епіфізів. Тіло трубчастої кістки має зазвичай циліндричну форму. Безпосередньо під окістям розташований шар компактної речовини, а центральну частину кістки займає губчаста речовина, в якій у дорослої людини міститься жовтий кістковий мозок (у дітей губчаста речовина більшості кісток містить червоний кістковий мозок). Епіфізи трубчастої кістки мають суглобові поверхні, позбавлені окістя. Переважаючою речовиною епіфізу є губчаста; у її комірках міститься червоний кістковий мозок. Виділяють довгі (стегнова, плечова, ліктюва) та короткі трубчасті кістки (кістки плесна, фаланги пальців).

Губчасті кістки складаються з губчастої речовини, вкритої тонким шаром компактної. У комірках губчастої речовини таких кісток міститься

червоний кістковий мозок. Виділяють довгі (ребра, грудина) та короткі (хребці, кістки зап'ястка) губчасті кістки.

Плоскі кістки, до яких належать кістки черепа, кістки поясів кінцівок (лопатка, тазові кістки), складаються в основному з губчастої речовини та мають сплюснену форму.



Будова трубчастої кістки:

1 — епіфіз, 2 — тіло (діяфіз), 3 — губчаста речовина, 4 — компактна речовина, 5 — остеон, 6 — окістя, 7 — кісткові пластинки остеона, 8 — центральний канал остеона з кровоносною судиною

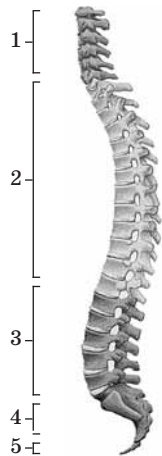
З'єднання кісток. Виділяють такі типи з'єднання кісток: 1) нерухоме — за допомогою швів (кістки черепа); 2) напіврухоме — за допомогою хрящів, які за рахунок своєї пружності забезпечують невеликі за амплітудою рухи кісток, що зчленовуються (з'єднання між хребцями, між ребрами та грудиною); 3) рухоме — за допомогою суглобів.

До складу суглоба входять: 1) хрящі суглобових поверхонь кісток, що зчленовуються; 2) суглобова капсула (сумка), яка відокремлює суглоб від навколишніх тканин; 3) суглобова рідина в порожнині суглоба, яка діє як мастило для зменшення тертя.

Скелет

У скелеті людини виділяють осьовий скелет, який включає хребетний стовп, череп, грудну клітку, і скелет кінцівок, що складається зі скелета поясів кінцівок і скелета вільних кінцівок.

Хребетний стовп складається із 33—34 хребців і має такі відділи: шийний (7 хребців), грудний (12), поперековий (5), крижовий (5), куприковий (4—5).



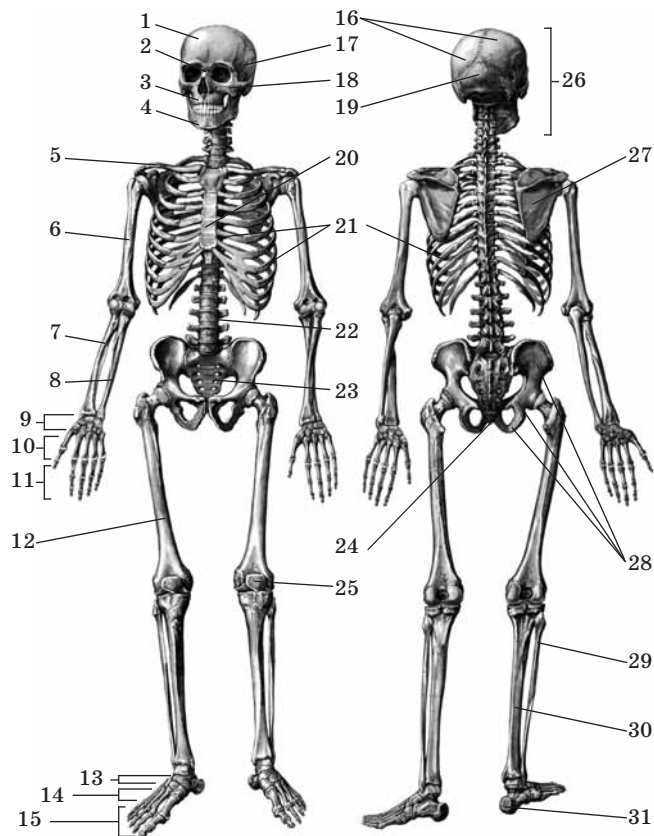
Відділи хребта:
 1 — шийний,
 2 — грудний,
 3 — поперековий,
 4 — крижовий,
 5 — куприковий

Усі хребці, за винятком першого та другого шийних, мають загальний план будови. Вони складаються з тіла та дуги. Тіло кожного хребця має два міжхребцеві отвори, через які виходять спинномозкові нерви. Дуга утворює хребтовий отвір (у сукупності вони формують канал хребта, у якому міститься спинний мозок) і відростки: остистий (1 відросток), поперечні (2), верхні (2) та нижні (2) суглобові. До відростків хребців прикріплюються м'язи спини.

Перший шийний хребець — атлант — не має тіла. У ньому розрізняють передні та задні дуги, якими він зчленується із черепом. Другий шийний хребець — епістрофей — має довгий зубоподібний відросток, який утворює суглоб з атлантом. Навколо зубоподібного відростка обертається череп. Завдяки цим хребцям людина може рухати головою догори — донизу і праворуч — ліворуч. До тіла хребців грудного відділу прикріплюються ребра. Хребці поперекового відділу мають дуже масивні тіла, оскільки за вертикального положення тіла на них припадає максимальне навантаження. Хребці крижового відділу зростаються в крижі до 22—25 років. Куприк складається з 4—5 зрослих рудиментів хребців і часто зрощений з крижами.

Хребет має шийний, грудний, поперековий, крижовий вигини, які слугують для перерозподілу навантажень.

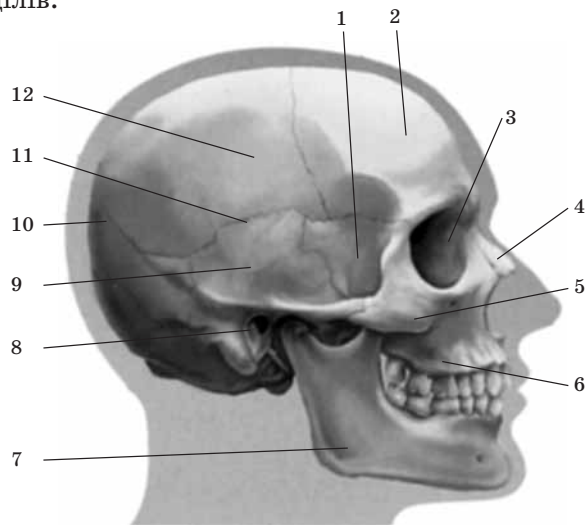
Грудна клітка утворена грудиною, грудним відділом хребта і дванадцятьма парами ребер. Ребро має кісткову частину, якою з'єднується з хребцем, і хрящову частину. Перші сім пар ребер зчленовуються хрящовою частиною з грудиною; восьма, дев'ята та десята пари ребер зчленовуються з хрящами вищерозташованих ребер; хрящові частини одинадцятої й дванадцятої пар ребер закінчуються в товщі м'язів живота. І з грудиною, і з хребцями ребра утворюють суглоби, завдяки чому можлива зміна розмірів грудної клітки.



Скелет людини:

1 — лобова кістка, 2 — носова кістка, 3 — верхня щелепа, 4 — нижня щелепа, 5 — ключиця, 6 — плечова кістка, 7 — променева кістка, 8 — ліктьова кістка, 9 — зап'ясток, 10 — п'ясток, 11 — фаланги пальців кисті, 12 — стегнова кістка, 13 — передплесно, 14 — плесно, 15 — фаланги пальців стопи, 16 — тім'яні кістки, 17 — скронева кістка, 18 — вилична кістка, 19 — потилична кістка, 20 — грудина, 21 — ребра, 22 — хребет, 23 — крижі, 24 — куприк, 25 — надколінок, 26 — череп, 27 — лопатка, 28 — тазові кістки, 29 — малогомілкорова кістка, 30 — великогомілкорова кістка, 31 — п'яtkова кістка

Череп складається з мозкового та лицьового відділів.

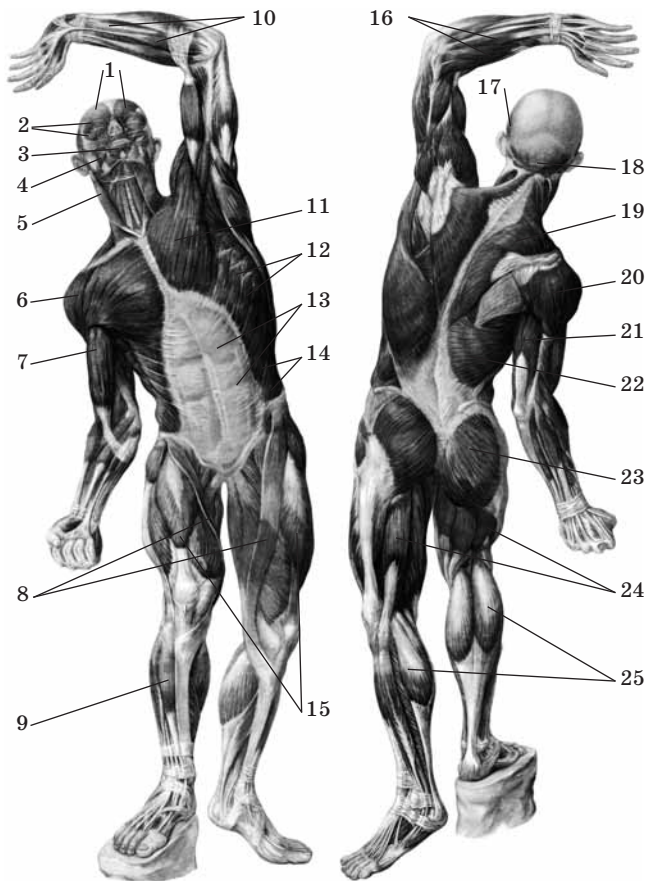


Череп:

1 — клиноподібна кістка, 2 — лобова кістка, 3 — очна ямка, 4 — носова кістка, 5 — вилична кістка, 6 — верхня щелепа, 7 — нижня щелепа, 8 — слуховий прохід, 9 — скронева кістка, 10 — потилична кістка, 11 — шов, 12 — тім'яна кістка

Скелетні м'язи

Функції м'язів. Основна функція скелетних м'язів — рухова: під час скорочення кінці м'язів, прикріплені до кісток, зближуються, а кістки, сполучені суглобами, діють як важелі. М'язи беруть участь також у терморегуляції, оскільки під час їхньої роботи частина енергії виділяється у вигляді тепла. У разі переохолодження в людини розвивається мимовільне тремтіння, зумовлене скороченням м'язів. Тепло, яке виділяється в цьому випадку, поглинається іншими тканинами організму.



М'язи людини:

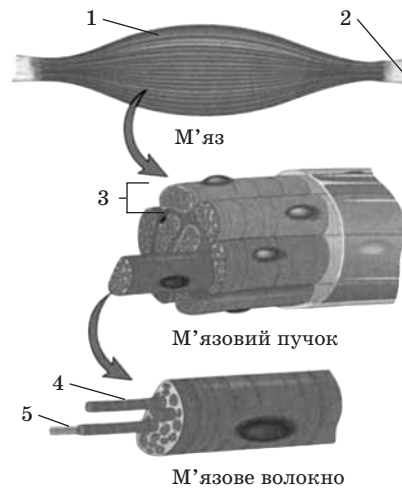
1 — надчерепні, 2 — круговий м'яз ока, 3 — круговий м'яз рота, 4 — жувальні, 5 — грудинно-ключично-соскоподібний, 6 — дельтоподібний, 7 — двоголовий м'яз плеча, 8 — кравецький, 9 — передній великогомілковий, 10 — згиначі кисті й пальців, 11 — великий грудний м'яз, 12 — зубчасті, 13 — прямий м'яз живота, 14 — косий м'яз живота, 15 — чотириголовий м'яз стегна, 16 — розгиначі кисті й пальців, 17 — скроневий, 18 — потиличний, 19 — трапецієподібний, 20 — дельтоподібний, 21 — трицепс плеча, 22 — найширший м'яз спини, 23 — великий сідничний, 24 — двоголовий м'яз стегна, 25 — литковий

Будова скелетних м'язів. Структурною одиницею скелетних м'язів є м'язове волокно. Волокна об'єднуються в пучки. Сукупність пучків утворює черевце м'яза. З обох кінців черевце переходить у сухожилки, які прикріплюються до кісток, зростаючись з окістям. Сухожилок складається з паралельно розташованих колагенових волокон,

він не дуже розтягається і витримує величезні навантаження (до 600 кг). Ззовні м'язи вкриті сполучнотканинним чохлам — фасцією. Фасції відмежовують м'язи один від одного, зменшують їхнє тертя і перешкоджають перерозтягненню.

Класифікація скелетних м'язів. За розташуванням виділяють поверхневі та глибокі м'язи (наприклад поверхневі м'язи спини, глибокі м'язи шиї).

За функцією — згиначі (біцепс), розгиначі (трицепс), сфінктери (сфінктер заднього проходу), відвідні (м'яз, що відводить мізинець), привідні (великий привідний м'яз стегна).



Будова скелетного м'яза:

1 — черевце м'яза, 2 — сухожилок, 3 — м'язове волокно, 4 — міофібрила, 5 — актинові та міозинові міофіламенти

Нервова система

Нервова система виконує дві найважливіші функції: узгоджує діяльність усіх внутрішніх органів і контролює їхню роботу, а також забезпечує зв'язок організму з навколишнім середовищем.

Анатомічно нервову систему умовно поділяють на центральну та периферійну.

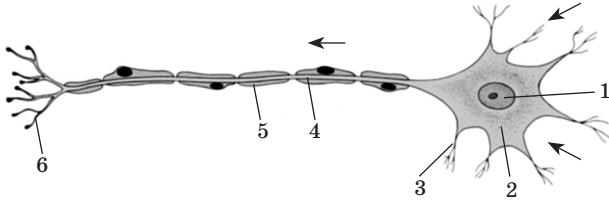
Центральна нервова система (ЦНС) представлена головним і спинним мозком, периферійна (ПНС) — черепно-мозковими (12 пар) і спинно-мозковими (31 пара) нервами, а також нервовими вузлами, що лежать поза головним і спинним мозком.

Функціонально виділяють соматичну і вегетативну нервові системи. Соматична іннервує скелетні м'язи, вегетативна — внутрішні органи, залози та шкіру.

Будова нейрона і проведення нервового імпульсу. Нерви

Будова нейрона. Структурною одиницею нервової системи є нервова клітина — нейрон. Нейрон має тіло та відростки. Розрізняють два види відростків. Короткі, дуже розгалужені відростки називають дендритами. Довгий відросток носить назву аксон. По дендритах нервовий імпульс іде до тіла

нейрона, по аксонах — від тіла до інших нейронів або клітин (м'язів, клітин внутрішніх органів). Таким чином, нейрон може проводити імпульс тільки в одному напрямку — від дендритів по аксону.



Нейрон:

1 — ядро, 2 — тіло нейрона, 3 — дендрити, 4 — аксон, 5 — мієлінова оболонка аксона, 6 — пресинаптична частина. Стрілками показаний напрям поширення нервового імпульсу

Аксони більшості нейронів вкриті багатшаровою мієліновою оболонкою, яка утворюється з клітин нейроглії. Завдяки мієліну швидкість проведення імпульсу по аксону досягає 100—120 м/с; мієлін ізолює збудження та перешкоджає його переходу на сусідні нервові волокна.

Типи нейронів. Залежно від функції виділяють три основні типи нейронів.

Чутливі (аферентні, доцентрові) нейрони проводять нервовий імпульс від органів чуттів до головного (спинного) мозку. Тіла чутливих нейронів лежать поза ЦНС. Дендрити цих нейронів добре розвинені; один або декілька дендритів є рецепторами. Рецептори розташовуються як у зовнішніх покритвах тіла, так і у внутрішніх органах (м'язах, сухожилках, суглобах, судинах) і переводять сигнали зовнішнього (світло, звук) і внутрішнього (розтягування органів, зміна хімічного складу крові) середовища в нервові імпульси.

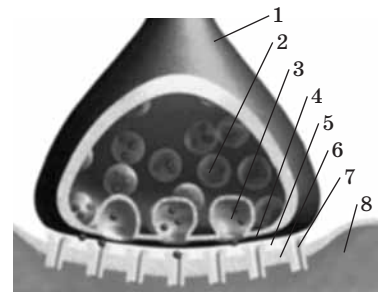
Рухові (еферентні, відцентрові) нейрони мають довгі аксони та несуть сигнали від головного та спинного мозку до внутрішніх органів, м'язів, залоз. Якщо аксон рухового нейрона закінчується на скелетному м'язі, то говорять про нервово-м'язовий контакт (синапс). Медіатором тут виступає ацетілхолін.

Вставні нейрони (інтернейрони) сполучають рухові та чутливі нейрони між собою та з іншими відділами нервової системи.

Синапси. Ділянка контакту аксона з іншою клітиною називається синапсом. У синапсі розрізняють пресинаптичну частину (закінчення аксона), постсинаптичну частину (ділянка клітини, з якою він контактує) і синаптичну щілину — простір завширшки не більше за 20 нм, заповнений рідиною.

У пресинаптичному закінченні аксона містяться гранули з особливою хімічною речовиною — медіатором. Під час проходження нервового імпульсу по аксону молекули медіатора виділяються в синаптичну щілину, за дуже короткий час досягають поверхні сусідньої клітини, на якій є рецептори до медіатора. Зв'язування медіатора з рецептором приводить до виникнення електричного імпульсу, який поширюється далі.

Після виконання своєї функції передавача медіатори руйнуються специфічними ферментами.



Синапс:

1 — аксон нейрона, 2 — гранула з нейро-медіатором, 3 — молекула нейро-медіатора, 4 — пресинаптична мембрана, 5 — синаптична щілина, 6 — постсинаптична мембрана, 7 — рецептор постсинаптичної мембрани, 8 — ефекторна клітина

Нерви. Безліч аксонів об'єднуються загальною сполучнотканинною оболонкою і утворюють нерви. У сполучнотканинній оболонці залягають кровоносні судини, які живлять нерв. Якщо до складу нерва входять тільки чутливі або тільки рухові волокна, то говорять про чутливі або про рухові нерви відповідно. Частіше нерви є змішаними, тобто об'єднують як чутливі, так і рухові волокна.

Центральна нервова система.

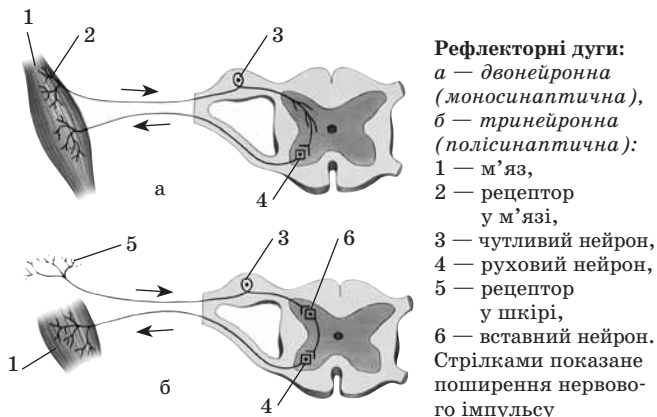
Спинний мозок

Будова спинного мозку. Спинний мозок розташований у спинномозковому каналі хребта. Він становить собою тяж циліндричної форми діаметром 1 см і завдовжки до 45 см. На рівні першого шийного хребця спинний мозок переходить у головний, а на рівні другого поперекового хребця закінчується кінцевою ниткою (залишок ембріональної нервової трубки), яка прикріплюється до 2-го куприкового хребця. У центрі мозку міститься вузький канал, заповнений спинномозковою (цереброспинальною) рідиною. Ця рідина омиває спинний мозок, доставляє до нейронів поживні речовини й видаляє продукти метаболізму. На поперечному розрізі спинного мозку видно, що він складається із сірої речовини, оточеної ззовні білою речовиною.

Сіра речовина представлена тілами нейронів та їх дендритами. У сірій речовині виділяють передні та задні роги. До задніх рогів через задні корінці спинного мозку підходять аксони чутливих нейронів, а від передніх рогів беруть початок рухові нейрони, які виходять з мозку через передні корінці. У грудному відділі спинного мозку є ще бічні роги, де розташовані нейрони, котрі іннервують внутрішні органи. Аксони цих нейронів виходять через передні корінці разом з аксонами рухових нейронів. У міжхребцевих отворах передні та задні корінці з'єднуються, утворюючи змішані нерви, що складаються з рухових і чутливих аксонів. Усього від спинного мозку відходить 31 пара спинномозкових нервів.

Біла речовина складається з аксонів (білий колір зумовлений мієліном). Аксони нейронів білої речовини орієнтовані поздовжньо й утворюють провідні шляхи, що сполучають спинний мозок із головним.

Функції спинного мозку. Спинний мозок виконує дві основні функції.



Рефлекторна функція. Спинний мозок забезпечує рух і регуляцію роботи внутрішніх органів. Різноманітні рухи, які здійснюються під контролем нервової системи, мають рефлекторний характер. Рефлекс — це відповідь організму на подразнення. Шлях, яким передається нерве збудження під час рефлексу, називається рефлекторною дугою. Проста (моносинаптична) рефлекторна дуга складається з двох нейронів — чутливого та рухового. Такою є рефлекторна дуга колінного рефлексу. Частіше рефлекторна дуга складається із чутливого, рухового й одного або багатьох вставних нейронів. Останні можуть надходити в головний мозок і (або) сусідні відділи спинного мозку. У цьому випадку можна говорити про нервовий центр — сукупність нейронів, які регулюють діяльність будь-якого органа або системи органів.

Центральна нервова система. Головний мозок

Головний мозок розташований у порожнині черепа і з'єднується через великий потиличний отвір зі спинним. У головному мозку виділяють такі відділи: передній (кінцевий, або великий), проміжний, середній і задній мозок. Останній у свою чергу включає довгастий мозок, міст і мозочок. Проміжний, середній, довгастий мозок і міст об'єднують у стовбур; часто в цю структуру включають і мозочок. Передній мозок людини дуже розвинений, складає до 80 % маси мозку, утворює півкулі, які вкривають усю стовбурову ділянку.

Довгастий мозок — продовження спинного, проте розподіл сірої та білої речовин тут дещо інший. Сіра речовина утворює скупчення — ядра — всередині білої.

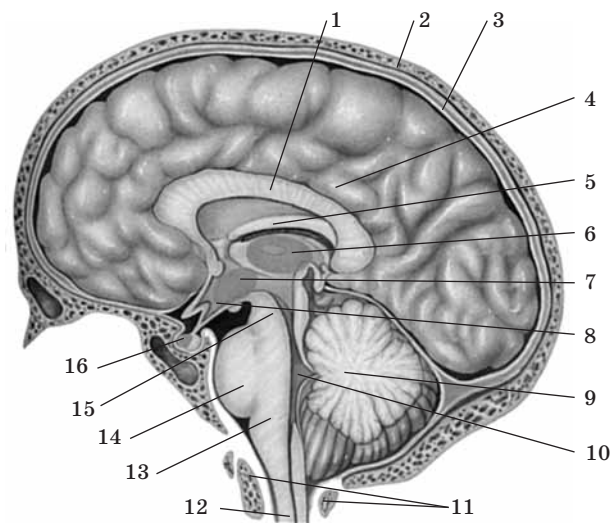
Довгастий мозок виконує рефлекторну функцію. У сірій речовині мозку розташовані нервові центри життєво важливих рефлексів — дихальний і серцево-судинний центри, центри жування, ковтання, слиновиділення, кашлю, моргання, чхання, блювання.

Мозочок складається з двох півкуль і частини, яка зв'язує їх, — черв'яка. Поверхня півкуль вкрита сірою речовиною — корою. Під корою міститься біла речовина зі скупченнями ядер сірої. Основна функція мозочка — рухова. Провідними шляхами через ніжки мозочка до нього надходить інформація від скелетних м'язів, сухожилків, суглобів. Тут вона обробляється (часто під контролем півкуль мозку) і передається низхідними шляхами до рухових нейронів спинного мозку. Завдяки цьому людина може здійснювати цілеспрямовані рухи, а також легко орієнтуватися у просторі.

Середній мозок відповідає за обробку інформації від зорового і слухового аналізаторів.

У проміжному мозку основними зонами є таламус і гіпоталамус. Тут відбувається обробка слухової та зорової інформації (яку таламус отримує від середнього мозку і направляє до кори). Ядра гіпоталамуса формують центри голоду та спраги, люті та страху, сну та неспання.

Передній мозок складається з двох півкуль, поєднаних між собою мозолистим тілом. Нервові волокна мозолистого тіла частково перехрещуються так, що права півкуля іннервує ліву половину тіла, а ліва — праву. Півкулі вкриті сірою речовиною, яка утворює кору великих півкуль, завтовшки лише 1,5—5 мм. Кора складається з тіл нейронів (близько 20 млрд) та їх відростків.



Будова головного мозку:

- 1 — мозолисте тіло, 2 — череп, 3 — оболонки мозку,
- 4 — кора великих півкуль, 5 — стовбур мозку, 6 — таламус,
- 7 — порожнина III шлуночка, 8 — гіпоталамус, 9 — мозочок,
- 10 — ніжки мозочка, 11 — I шийний хребець,
- 12 — спинний мозок, 13 — довгастий мозок, 14 — міст,
- 15 — середній мозок, 16 — гіпофіз

Поверхня півкуль має борозни і звивини, які значно збільшують площу кори. Три найбільші борозни — центральна, бічна і тім'яно-потилична — ділять кожну півкулю на лобову, тім'яну, потиличну і скроневу частки. У потиличній частці розташована зорова зона, в якій відбувається кінцева обробка інформації від зорового аналізатора. У скроневої частці розташовані слухова, нюхова

та смакова зони. У тім'яній частці розрізняють чутливу зону кори: тут відбувається обробка сигналів, які надходять від рецепторів шкіри (дотикова чутливість), больових і терморекцепторів. У лобовій частці розташована рухова зона кори, в якій містяться рухові центри м'язів кінцівок, тулуба та голови. Тут зосереджені також зони мислення, пам'яті, рухові зони мовлення (усного та письмового). Зони та ділянки кори пов'язані між собою і постійно обмінюються інформацією. Такі зв'язки називають асоціативними.

Оболонки мозку. Спинний і головний мозок вкриті трьома оболонками. До зовнішньої поверхні головного та спинного мозку прилягає м'яка (судинна) оболонка. Вона повторює всі борозни та звивини, просякаючи разом із кровоносними судинами в речовину мозку. Ззовні від м'якої розташовується павутинна оболонка. Між ними є простір, заповнений спинномозковою (черепно-мозковою) рідиною. Зовнішньою є тверда оболонка мозку, яка зростається з окістям черепних кісток.

Периферійна нервова система (ПНС)

Представлена нервами та нервовими сплетеннями, що розташовані ззовні ЦНС.

Дванадцять пар черепно-мозкових нервів відходять від стовбура головного мозку. Вони несуть як рухові, так і чутливі нервові волокна й іннервують органи чуттів, шкіру та м'язи лица, язика, ротову порожнину. Блукаючий нерв іннервує майже всі органи черевної та грудної порожнини.

Тридцять одна пара спинномозкових нервів формується з передніх і задніх корінців спинного мозку, які з'єднуються між собою в міжхребцевому отворі. Тому кожний нерв є змішаним і має як рухові, так і чутливі волокна, котрі іннервують відповідні ділянки тіла. Нерви можуть з'єднуватися один з одним з утворенням нервових сплетень (шийне, поперекове).

Вегетативна нервова система

Вегетативна нервова система підрозділяється на симпатичну та парасимпатичну. Центри симпатичної системи розташовані в грудному відділі спинного мозку, парасимпатичної — у крижовому відділі спинного і в стовбурі головного мозку.

Симпатична та парасимпатична системи часто справляють протилежну дію на іннервуючі органи. Симпатична система збільшує частоту та силу серцевих скорочень, звужує просвіт кровоносних судин, уповільнює роботу шлунково-кишкового тракту. Парасимпатична — зменшує частоту скорочень серця, збільшує просвіт судин, активує процеси травлення. Обидві системи стимулюють роботу слинних залоз. Більшість органів іннервуються як парасимпатичною, так і симпатичною системами.

Аналізатори (сенсорні системи)

Поняття аналізатора було вперше запроваджене І. П. Павловим. Кожний аналізатор складається з трьох частин:

- 1) периферійної (рецепторної), яка сприймає сигнали зовнішнього середовища й переводить їх у нервові імпульси;
- 2) провідникової (провідного шляху), по якій імпульси надходять до відповідного нервового центру;
- 3) центральної (центру аналізатора в корі).

Зоровий аналізатор

Периферійна частина зорового аналізатора представлена очним яблуком і допоміжним апаратом ока.

Очне яблуко. Очне яблуко розташоване в глибині черепа — очній ямці. Воно вкриті трьома оболонками. Зовнішня оболонка — білкова — складається переважно з колагенових волокон і оберігає око від механічних ушкоджень. Спереду вона переходить у прозору рогівку.

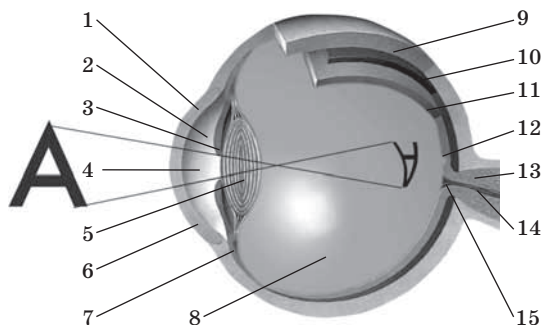
Під білковою розташована судинна оболонка, пронизана густою сіткою кровоносних судин. Спереду судинна оболонка переходить у райдужку, пігменти якої визначають колір очей. У центрі райдужки є отвір — зіниця. Діаметр зіниці змінюється рефлекторно залежно від яскравості освітлення. За зіницею розташований кришталік — прозора двопукла лінза діаметром близько 9 мм. Зміна кривизни кришталіка — акомодация — досягається скороченням або розслабленням війкового м'яза.

Внутрішня оболонка — сітківка — вистеляє дно очного яблука. Сітківка містить фоторецепторні клітини, які сприймають світло, і нейрони, які переводять світловий сигнал в електричні імпульси та формують зоровий нерв. Місце виходу із сітківки зорового нерва називають сліпою плямою, оскільки ця ділянка не містить фоторецепторних клітин. На відстані 4 мм від неї є жовта пляма — місце найкращого зору. Порожнина ока заповнена желеподібною масою — склистим тілом.

Допоміжний апарат ока. Слізний апарат, око-рухові м'язи, повіки та вій складають допоміжний апарат ока. Слізний апарат складається зі слізної залози, що розміщується в ямці лобової кістки й виробляє сльозу, і носослізної протоки, по якій надлишок сльози видаляється в носову порожнину. Сльоза зволожує поверхню ока, видаляє чужорідні тіла й містить бактерицидну речовину лізоцим.

Шість око-рухових м'язів здійснюють різноманітні рухи очних яблук. Верхня та нижня повіки захищають око від різних впливів. Внутрішня поверхня повік вистелена оболон-

кою — кон'юнктивою. По краях повік розташовуються вій, котрі виконують захисну функцію.



Орган зору:

1 — задня камера, 2 — передня камера, 3 — райдужка, 4 — зіниця, 5 — кришталик, 6 — рогівка, 7 — війковий м'яз, 8 — склоподібне тіло, 9 — склера (задній відділ білкової оболонки), 10 — судинна оболонка, 11 — сітківка, 12 — жовта пляма, 13 — зоровий нерв, 14 — кровоносні судини, 15 — сліпа пляма

Сприйняття світла. Проходячи через кришталик, промені заломлюються, формуючи на сітківці зменшене перевернене зображення. Сітківка містить два види фоторецепторів: палички (120 млн) та колбочки (6—7 млн). Палички відповідають за сутінковий зір, вони чутливіші до світла, але сприймають чорно-біле зображення. Колбочки відповідають за кольоровий зір. Виявлено три типи колбочок: перші сприймають синій колір, другі — зелений, треті — червоний. Колбочки зосереджені в центральній зоні сітківки, а палички — на периферії. У жовтій плямі вони взагалі відсутні.

У паличках міститься пігмент родопсин, який становить собою комплекс білка з вітаміном А. У разі потрапляння кванта світла на молекулу родопсину відбувається її руйнування. У цьому випадку виникає імпульс, що підсилюється нейроном, який утворює синапс з кожною клітиною-паличкою. Колбочки містять інший пігмент — йодопсин. Він також руйнується під дією світла певної довжини хвилі. Після припинення дії світла родопсин і йодопсин відновлюються.

Провідникова частина зорового аналізатора. Нейрони від колбочок і паличок (їхні аксони) кожного ока формують зорові нерви, які є провідниковою частиною зорового аналізатора.

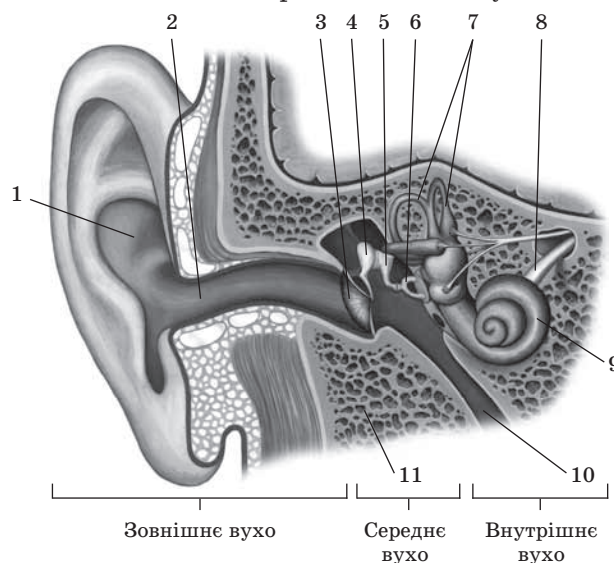
Потилична частка кори великих півкуль — кірковий центр зорового аналізатора. Тут здійснюється найповніша й остаточна обробка зорової інформації, порівняння її з інформацією від інших органів чуттів.

Порушення зору. У разі короткозорості зображення фокусується перед сітківкою і людина виразно бачить тільки близько розташовані предмети. У разі далекозорості фокусування зображення відбувається за сітківкою, тож предмети, розташовані поблизу, стають розпливчастими.

Порушення кольорового зору, що об'єднуються під назвою «дальтонізм», найчастіше пов'язані з вродженими аномаліями фоторецепторних клітин.

Слуховий аналізатор

У людини органи слуху та рівноваги об'єднані в складну систему. Периферійною частиною слухового аналізатора є вухо, яке поділяється на зовнішнє, середнє та внутрішнє, провідниковою частиною — слуховий нерв, центральною — слухова зона тім'яної частки кори великих півкуль.



Орган слуху:

1 — вушна раковина, 2 — зовнішній слуховий прохід, 3 — барабанна перетинка, 4 — молоточок, 5 — коваделко, 6 — стремінце, 7 — півколові канали, 8 — слуховий нерв, 9 — завитка, 10 — слухова труба, 11 — скронева кістка

Зовнішнє вухо включає вушну раковину та зовнішній слуховий прохід. Зовнішній слуховий прохід має S-подібну форму й довжину 30—35 мм. У стінці проходу є безліч сальних залоз, які виділяють вушну сірку. Остання виконує захисну функцію, оскільки містить бактерицидну речовину — лізоцим, але надмірне її накопичення (сірчані пробки) погіршує гостроту слуху. Прохід закінчується барабанною перетинкою, яка відокремлює зовнішнє вухо від середнього. Барабанна перетинка пружна, оскільки складається з колагенових волокон і має товщину лише 0,1 мм.

Середнє вухо представлене барабанною порожниною, заповненою повітрям. У ній розташовані слухові кісточки — молоточок, коваделко, стремінце, зчленовані між собою за допомогою суглобів. Молоточок зростається з барабанною перетинкою і передає її коливання на коваделко, а те — на стремінце. Стремінце торкається перегородки овального вікна внутрішнього вуха. Середнє вухо з'єднується з носоглоткою за допомогою слухових (евстахієвих) труб. Завдяки цьому тиск у порожнині середнього вуха врівноважується з атмосферним.

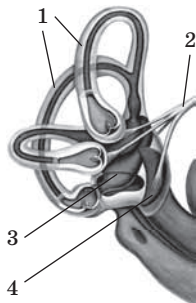
Внутрішнє вухо утворене півколовими каналами (належать до вестибулярного апарата) і завиткою (до органа слуху). Завитка становить собою спіральний закручений канал, який розміщується в лабіринті скроневої кістки й повторює його

форму. Канал завитки розділений поздовжніми перегородками на три частини, заповнені рідиною — ендолімфою. У середній частині каналу є основна мембрана з розташованими на ній волосковими (рецепторними) клітинами. Кожна волоскова клітина має на своїй поверхні безліч волосків різної довжини. Волоски стикаються з покривною мембраною, яка нависає над ними. Обидві мембрани й рецепторні клітини складають кортіїв орган. До кожної волоскової клітини підходить нервове волокно слухового нерва. Тут відбувається перетворення звукового сигналу на електричний імпульс.

Механізм сприймання звукових сигналів. Звукові коливання викликають вібрацію барабанної перетинки, яка передається по слухових кісточках на овальне вікно завитки. Тут відбувається посилення сигналу за рахунок пружності зчленування кісток і різниці в діаметрі барабанної перетинки та перетинки овального вікна. Далі енергія коливань перетинки овального вікна приводить у рух ендолімфу завитки. Рух ендолімфи викликає вібрацію покривної мембрани та волосків рецепторних клітин, що спричиняє виникнення електричних імпульсів у нейронах слухового нерва.

Електричні імпульси надходять по слуховому нерву в тім'яну частку кори великих півкуль, де відбувається обробка та дешифрування інформації.

Орган рівноваги (вестибулярний апарат)



Орган рівноваги:

- 1 — півколові канали,
- 2 — нерв,
- 3 — овальний мішечок,
- 4 — круглий мішечок

Периферійною частиною вестибулярного апарата є три півколові канали, орієнтовані у взаємно перпендикулярних площинах, і два мішечки — овальний і круглий. Канали та мішечки розташовані у внутрішньому вусі. Півколові канали заповнені ендолімфою. На їхній внутрішній поверхні розміщені рецепторні клітини, які мають волоски, обернені в порожнину каналів. Повороти, нахили й обертання голови приводять до руху ендолімфи та згинання волосків рецепторних клітин. Тут механічна енергія переходить в електричні імпульси, що поширюються по вестибулярному нерву. У мішечках також є волоскові клітини, однак вони занурені в драглисту масу, яка містить безліч кристалів кальцій бікарбонату —

отолітів. За зміни положення тіла в просторі під дією гравітаційних сил отоліти переміщуються в драглистій масі й подразнюють волоски клітин, що приводить до виникнення електричних імпульсів. Таким чином, півколові канали реагують на повороти й обертання голови, а мішечки — на положення тіла в просторі.

Імпульси від волоскових клітин надходять по вестибулярному нерву через довгастий мозок у тім'яну та скроневу частки кори великих півкуль, а також у мозочок. Тут сигнали обробляються, причому нервова система порівнює їх з інформацією від шийних м'язів, інших органів чуттів.

Смаковий аналізатор

Смакові клітини розташовані у людини в сосочках язика, де вони утворюють смакові цибулини. Кожний сосочок містить декілька або багато смакових цибулин, а загальна їх кількість сягає декількох тисяч. Смакові клітини мають мікроросинки, що сполучаються із зовнішнім середовищем через пору смакової цибулини. Молекули речовин, які опиняються в ротовій порожнині, розчиняються в слині, секреті залоз язика, потрапляють у смакову цибулину, де контактують з мікроросинками смакових клітин.

Людина розрізняє чотири основні смакові якості: солодке, кисле, гірке, солоне. Відчуття солодкого сприймається рецепторами на кінчику язика, гіркого — біля кореня, кислого та солоного — з боків.

Нюховий аналізатор

Нюхові клітини розташовані в слизовій оболонці носової порожнини. Вони мають війки, спрямовані в порожнину. Пахучі речовини, що приносяться повітрям, яке вдихається, вступають у контакт з їхньою мембраною. Тип запаху визначається просторовою структурою молекули речовини. Під час контакту молекули з мембраною нюхової клітини виникає нервовий імпульс, який по нюховому нерву надходить у нюхові цибулини й далі в кору великих півкуль.

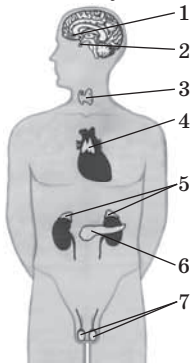
Ендокринна система

Ендокринну систему складають залози внутрішньої секреції (ендокринні залози) й ендокринна частина залоз змішаної секреції. До залоз внутрішньої секреції відносять гіпофіз, щитоподібну залозу, надниркові залози, а до залоз змішаної секреції — підшлункову та статеві залози, оскільки вони мають як ендокринну, так і екзокринну частини.

Ендокринна система регулює тривалі процеси, які не вимагають швидкої корекції, — обмін речовин, ріст, вагітність, статеве дозрівання.

Гормони — речовини, які регулюють активність процесів життєдіяльності, виділяються ендокринними залозами в кров. Гормони мають деякі специфічні особливості.

- 1) Вони діють через хвилини або навіть години після потрапляння в кров, тобто у десятки разів повільніше, ніж нервова система.
- 2) Гормони діють специфічно, на точно певний тип обмінних процесів або на певну групу клітин або тканин.
- 3) Вони здатні виявляти свій ефект уже в дуже низьких концентраціях.



Ендокринні залози:

- 1 — гіпоталамус,
- 2 — гіпофіз,
- 3 — щитоподібна та прищитоподібна залози,
- 4 — виличкова залоза (тимус),
- 5 — надниркові залози,
- 6 — підшлункова залоза,
- 7 — статеві залози

Гіпофіз і гіпоталамус

Гіпофіз — невелика залоза масою 0,3—0,5 г, розташована біля основи мозку під гіпоталамусом. Гіпоталамус і гіпофіз мають спільну систему кровообігу. Гіпоталамус виробляє нейрогормони, які надходять у кров і контролюють роботу гіпофіза. На рівні гіпоталамуса та гіпофіза здійснюється взаємодія нервової та ендокринної систем.

Гіпофіз складається з двох часток. Передня частка продукує гормони, які контролюють роботу інших ендокринних залоз і обмінні процеси. Так, тиреотропний гормон (ТТГ) стимулює роботу щитоподібної залози, аденокортикотропний (АКТГ) — кори надниркових залоз, а соматотропний гормон (СТГ) активує ріст тіла, впливає на обмін білків, ліпідів і вуглеводів. У разі недостатності СТГ в дитячому віці ріст організму сповільнюється (карликовість), а у разі його надлишку людина росте до 230 см і більше (гігантизм). Задня частка гіпофіза не продукує гормони. Вона накопичує два гормони — окситоцин і вазопресин, які виробляються в гіпоталамусі й доставляються до неї з потоком крові. Перший стимулює скорочення матки під час вагітності, а другий збільшує всмоктування води в нирках.

Щитоподібна залоза

Щитоподібна залоза розташована на передній поверхні трахеї під щитоподібним хрящем. Клітини залози зібрані в пухирці — фолікули, які продукують декілька гормонів, найактивнішим із яких є тироксин. Тироксин утворюється з амінокислоти тирозину і містить атоми Йоду.

Гормон впливає на обмінні процеси, ріст нервової тканини. За недостатності тироксину в дитячому віці відбувається недорозвинення головного мозку, розвивається кретинізм. За недостатності цього гормону у дорослих порушується обмін білків і вуглеводів, щитоподібна залоза збільшується в розмірах.

Надниркові залози

Надниркові залози — невеликі залози, розташовані по верхніх краях нирок. У надниркових залозах розрізняють кіркову і мозкову речовину. У кірковій речовині виробляються мінералокортикоїди, що впливають на мінеральний обмін, глюкокортикоїди, що впливають на обмін вуглеводів, і, у невеликих кількостях, статеві гормони. Мозкову речовину надниркових залоз людини виробляє адреналін. Адреналін викликає звуження судин шкіри, шлунково-кишкового тракту й розширення судин скелетних м'язів і серця. Він активує утворення глюкози в печінці та м'язах. Виділяючись унаслідок стресу, адреналін за дуже короткий термін готує організм до захисту.

Підшлункова залоза

Ендокринна тканина підшлункової залози представлена острівцями Лангерганса. Так звані β -клітини острівців виробляють гормон інсулін, α -клітини — глюкагон. Інсулін забезпечує транспорт глюкози з крові в клітини організму; глюкагон, навпаки, стимулює вихід глюкози й підвищення її вмісту в крові. У разі недостатності інсуліну розвивається цукровий діабет, за якого вміст глюкози в крові після вживання їжі надзвичайно високий, але вона не може потрапити в клітини. Особливо страждають унаслідок цього нейрони головного мозку, оскільки для них глюкоза є основним джерелом енергії. Якщо хворий на діабет людині не ввести інсулін, у неї починається діабетична кома, за якої активність нейронів головного мозку різко знижується, що може призвести до смерті.

Статеві залози

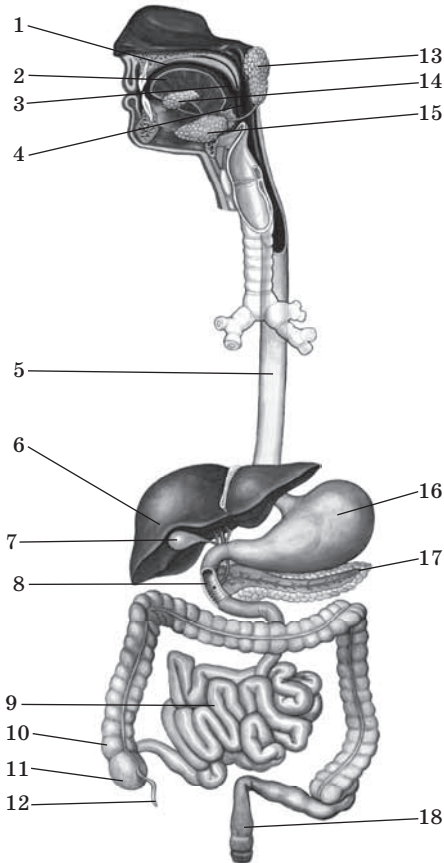
Ендокринна тканина чоловічих статевих залоз — сім'яників — продукує статеві гормони — андрогени, одним із яких є тестостерон. Тестостерон відповідає за розвиток і підтримку чоловічих статевих ознак. Жіночі статеві залози — яєчники — виробляють естрогени (естрадіол, прогестерон). Естроген контролює розвиток жіночих статевих ознак.

Травна система

Процес надходження в організм речовин, що забезпечують його життєдіяльність, називається

живленням. До таких речовин належать білки, жири, вуглеводи, мінеральні солі, вітаміни та вода.

У шлунково-кишковому тракті відбувається механічна та хімічна обробка їжі, унаслідок чого складні органічні молекули розщеплюються до мономерів (білки — до амінокислот, вуглеводи — до моносахаридів, жири — до гліцерину та жирних кислот), а потім усмоктуються крізь стінку травного тракту в кров. Цей процес називається травленням.



Травна система:

- 1 — ротова порожнина, 2 — язик, 3 — глотка,
- 4 — гортань, 5 — стравохід, 6 — печінка, 7 — жовчний міхур, 8 — дванадцятипала кишка, 9 — тонкий кишечник, 10 — товстий кишечник, 11 — сліпа кишка, 12 — апендикс, 13, 14, 15 — привушна, під'язикова і піднижньощелепна слинні залози, 16 — шлунок, 17 — підшлункова залоза, 18 — пряма кишка

Органи травлення

Травний канал становить собою порожнисту трубку, в якій відбувається травлення, всмоктування їжі й видалення неперетравлених залишків. Травний канал складається з трьох шарів. Зовнішня оболонка — серозна — представлена пухкою сполучною тканиною. Середня — м'язова — утворена поздовжніми та кільцевими шарами м'язів (у ротовій порожнині, верхній третині стравоходу та кінцевому відділі прямої кишки — поперечносмугасті, в інших відділах — гладенькі). Внутрішня поверхня — слизова оболонка — вистелена

епітелієм. У слизовій оболонці міститься безліч залоз, які виділяють травні соки та слиз.

Травний канал включає такі відділи: ротова порожнина, глотка, стравохід, шлунок, тонкий і товстий кишечник, що закінчується прямою кишкою з анальним отвором. Поза каналом містяться слинні залози, підшлункова залоза та печінка.

Травлення в ротовій порожнині. Ротова порожнина починається ротовою щілиною, обмеженою губами. Верхньою стінкою ротової порожнини є піднебіння (м'яке та тверде), бічними — щоки, а нижньою — м'язи, на яких лежить язик. У ротовій порожнині розташовані зуби, туди відкриваються протоки слинних залоз.

Язик бере участь у перемішуванні їжі, формуванні харчової грудки. На ньому є смакові сосочки, клітини яких розпізнають смак їжі. У слизовій оболонці язика містяться дрібні слинні залози.

Зуби розташовані на верхній і нижній щелепах. У перші роки життя у людини функціонують молочні зуби, що не мають коренів, які у віці 7—12 років замінюються на постійні; 32 постійні зуби представлені різцями, іклами та кутніми (великими та малими). Зуби різної форми виконують різні функції: різці — розрізають, ікла — розривають, малі кутні — подрібнюють, великі кутні — перетирають їжу.

У зубі виділяють коронку, шийку та корінь. Речовина зуба складається з дентину, емалі та цементу. Дентин утворює основну масу зуба. Коронка ззовні вкрита емаллю, а корінь — цементом. У середині зуба є порожнина — пульпа, в яку проходять нерви та судини.

Зволоження їжі та її хімічна обробка здійснюються слинними залозами. Є три пари великих слинних залоз — привушні, піднижньощелепні, під'язикові та безліч дрібних (губні, щокрові, піднебінні, язичні). Слина містить багато білка муцину, який надає їй в'язкості та слизистості, що важливо для збереження зубів. Слина очищує порожнину рота й має бактерицидну дію завдяки наявності в ній білка лізоциму, який руйнує клітинні стінки бактерій і приводить до їх загибелі. У слині міститься фермент амілаза, що сприяє розщепленню полісахаридів, і певна кількість ліпази, яка сприяє розщепленню жирів. Ці ферменти активні в слабколужному середовищі (рН слини 7,5), а у разі потрапляння в кисле середовище шлунка інактивуються.

Харчова грудка, що утворилася, за допомогою язика проштовхується до глотки. Рух їжі по стравоходу здійснюється завдяки хвилеподібним скороченням його м'язів. Тверда їжа досягає шлунка через 4—6 с.

Травлення в шлунку

Шлунок — це мішкоподібне розширення травного каналу, що має вигнуту форму й об'єм (від 1,5 до 3 л). Об'єм шлунка може змінюватися через складчастість його стінок. У слизовій оболонці

містяться залози (близько 14 млн), які виділяють різні компоненти шлункового соку. Між шлунком і наступним відділом травного каналу розташований пілоричний сфінктер, утворений кільцевими м'язами.

Функції шлунка:

- 1) травна — механічна обробка їжі за рахунок скорочень шлункової стінки, розщеплювання білків до пептидів і всмоктування деякої кількості води та вітаміну B_{12} ;
- 2) захисна — низьке значення рН перешкоджає потраплянню хвороботворних мікроорганізмів у кишечник;
- 3) транспортна — оброблений у шлунку хімум — напіврідка маса, що складається з частково перетравленої їжі, порціями транспортується в тонкий кишечник.

Склад шлункового соку. Їжа перебуває в шлунку від чотирьох до шести годин. Упродовж цього часу вона переміщується і піддається дії шлункового соку. До складу шлункового соку входять: хлоридна кислота (HCl); травні ферменти (пепсин); слиз. Пепсин розщеплює білки до пептидів. Він виділяється шлунковими залозами в неактивній формі (пепсиноген); активація ферменту здійснюється хлоридною кислотою. Хлоридна кислота виконує такі функції:

- 1) активує пепсин і забезпечує його функцію;
- 2) знищує мікроорганізми, що потрапили до шлунка;
- 3) денатурує білки (під дією HCl їхні молекули ніби розгортаються і стають доступні дії пепсину).

Слиз, який у значній кількості виділяється шлунковими залозами, обволікає слизову оболонку й оберігає її від дії хлоридної кислоти.

У шлунку відбувається всмоктування води, вітаміну B_{12} і жиророзчинних речовин (наприклад етанолу).

Травлення в тонкому кишечнику. Тонкий кишечник має 5—7 м завдовжки і складається з трьох відділів: дванадцятипалої (15—25 см), порожнистої (2—2,5 м) і клубової (2,5—3,5 м) кишок.

Функції тонкого кишечника:

- 1) травна — розщеплювання пептидів, вуглеводів і ліпідів до мономерів і їх всмоктування;
- 2) транспортна — просування речовин, що не всмокталися, далі по травному каналу.

У кишечнику розрізняють два види травлення: порожнинне — ферменти виділяються в порожнину кишки і діють на хімум, і пристінкове — травні ферменти містяться в мембранах клітин слизової оболонки.

Порожнинне травлення. Завдяки роботі пілоричного сфінктера хімум порціями потрапляє зі шлунка в дванадцятипалу кишку. У порожнині кишки хімум піддається дії підшлункового соку, жовчі та кишкового соку.

Підшлункова залоза

До складу підшлункового соку входять:

- 1) бікарбонат, який нейтралізує хлоридну кислоту, що потрапляє з хімумом (рН підшлункового соку становить 7,8—8,4);
- 2) травні ферменти — панкреатична амілаза, ліпаза, трипсин, хімотрипсин і деякі інші.

Виділення підшлункового соку відбувається періодично. Воно починається через 2—3 хв після початку їжі й триває протягом декількох годин. Виділення активується як нервовою системою, так і гормоном кишкової стінки — секретинном.

Печінка — найбільша залоза людського тіла. Вона розташована в черевній порожнині під діафрагмою і бере участь у різних процесах обміну речовин. Жовч виділяється печінкою безперервно (до 1 л на добу) й надходить у жовчний міхур, де накопичується і згущується. Із жовчного міхура вона по загальній жовчній протоці порціями надходить у дванадцятипалу кишку. Жовч виконує такі функції:

- 1) нейтралізує хлоридну кислоту, оскільки має лужну реакцію;
- 2) емульгує жири (підвищує їх розчинність), що необхідно для їхнього ферментативного розщеплення панкреатичною ліпазою (сама ліпаза активується жовчними кислотами);
- 3) виводить з організму деякі продукти обміну, лікарські препарати.

Кишковий сік (2—3 л на добу) виділяється спеціалізованими залозистими (секреторними) клітинами, розташованими вздовж усього тонкого кишечника в його слизовій оболонці. Він містить ферменти, які розщеплюють дисахариди (сахарозу, лактозу, мальтозу тощо), олігопептиди (невеликі послідовності амінокислот), нуклеїнові кислоти.

Пристінкове травлення

Слизова оболонка тонкого кишечника утворює безліч складок — ворсинок. Стінки ворсинок складаються з одношарового епітелію і підтримуються поздовжньо і поперечно орієнтованими пучками гладеньких м'язів. У середині кожної ворсинки проходять кровоносні та лімфатичні судини. Клітини ворсинки мають вирости мембрани — мікроворсинки. У мембрані мікроворсинок є ферменти, що розщеплюють дисахариди до моносахаридів (сахараза, лактаза), олігопептиди до амінокислот (амінопептидази, карбоксипептидази). Пристінкове травлення забезпечує найретельніше розщеплення поживних речовин і всмоктування мономерів.

Всмоктування в тонкому кишечнику

Всмоктування — фізіологічний процес перенесення речовин із просвіту кишки у внутрішнє середовище організму. Всмоктуванню піддаються амінокислоти, олігопептиди, моносахариди, гліцерол, жирні кислоти, вода, електроліти. У тонкому

кишечнику всмоктується 90 % білка, що надійшов із їжею, 95 % жирів і практично всі моносахариди. Амінокислоти та моносахариди транспортуються безпосередньо в кров і по ворітній вені надходять у печінку, а жирні кислоти та гліцерол спочатку потрапляють у лімфу, а потім — у кровотік.

Процеси в товстому кишечнику

Неперетравлені харчові рештки, що не всмокталися, просуваються по тонкому кишечнику і потрапляють у товстий. Рух здійснюється завдяки перистальтиці — ритмічним хвилеподібним скороченням кишкової стінки. Перистальтика регулюється нервовими сплетеннями (підслизовим і міжм'язовим), розташованими вздовж усього кишечника.

Товстий кишечник (1,5—2 м) представлений такими відділами: сліпа кишка із червоподібним відростком, ободова кишка (висхідна ободова, поперекова ободова та низхідна ободова), сигмоподібна кишка, пряма кишка, що закінчується анальним отвором.

У товстому кишечнику відбувається інтенсивне всмоктування води (4 л/доб), формування калових мас і бактерійна обробка неперетравлених решток. Слизова оболонка товстого кишечника має півмісяцеві складки (крипти), але ворсинок у ній немає. Залози виробляють сік, який містить в основному слиз, дуже важливий для формування калу.

Обмін речовин

Обмін речовин в організмі пов'язаний з перетворенням поживних речовин їжі на складні складові частини клітини. У кожній клітині тіла молекули постійно оновлюються: одні повністю руйнуються і на зміну їм синтезуються нові, інші перебудовуються тільки частково.

Обмін білків

Білки їжі під дією ферментів шлункового, підшлункового та кишкового соків розщеплюються на амінокислоти, які в тонкому кишечнику всмоктуються в кров, що транспортує їх до всіх клітин тіла. У клітинах з амінокислот утворюються специфічні для людини білки. Водночас частина білків, що входять до складу клітин і тканин, і амінокислоти, не використані для синтезу білків, піддаються розпаду зі звільненням 17,6 кДж енергії на 1 г речовини. Кінцеві продукти розпаду білків — вода, вуглекислий газ, аміак, сечова кислота тощо. Вуглекислий газ видаляється з організму через легені, вода — через нирки, легені та шкіру. Амоніак — дуже отруйна речовина; з потоком крові вона надходить у печінку, де перетворюється на сечовину, що виводиться з організму через нирки та шкіру (з потом).

Недостатність білків у їжі не можна відшкодувати за рахунок надлишку інших поживних речовин, оскільки властиві організму людини білки

синтезуються тільки з амінокислот, що утворилися внаслідок розщеплення білків їжі. За недостатності в їжі білків розвивається білкове голодування, небезпечне для організму. Унаслідок надмірного надходження білків в організм вони перетворюються на жири та глікоген.

Обмін вуглеводів

У травному тракті на вуглеводи їжі діють ферменти слини, підшлункового та кишкового соку, унаслідок чого вони розщеплюються до глюкози. Глюкоза всмоктується в тонкому кишечнику в кров, що доставляє її до органів, зокрема печінки. У печінці надлишок глюкози відкладається у вигляді нерозчинного у воді глікогену. Глікоген печінки — запасний матеріал, який у разі необхідності знову перетворюється на розчинну глюкозу, що надходить у кров.

Обмін жирів

Жири їжі під дією ферментів підшлункового та кишкового соку (за участю жовчі) розщеплюються на гліцерол і жирні кислоти, з яких вони складаються. З гліцеролу та жирних кислот в епітеліальних клітинах ворсинок тонкого кишечника синтезується жир, властивий організму людини. Крапельки жиру, що утворилися, надходять у лімфу, разом з якою потрапляють у кров. Надмірна кількість відкладається в підшкірній жировій клітковині та між внутрішніми органами.

Обмін води та мінеральних солей

Окрім органічних сполук людині необхідні вода та мінеральні солі. Ці речовини не є джерелами енергії, але без них обміну речовин відбуватися не може.

Вода складає 2/3 маси тіла людини і входить до складу його клітин, міжклітинної та тканинної рідини, плазми та лімфи. У клітинах вона хімічно пов'язана з білками, жирами й вуглеводами. Щодоби наш організм втрачає велику кількість води із сечею, потом і повітрям, що видихається (у вигляді пари). Заповнюючи ці втрати, людина п'є воду або отримує її з їжею.

Мінеральні речовини надходять в організм з їжею, відкладаються у вигляді солей і є однією зі складових складних органічних сполук. У разі надмірного надходження мінеральних речовин можливе утворення їх запасів у різних органах. Загальна їх кількість у тілі людини складає близько 4,5 % його маси. Мінеральні солі виводяться з організму із сечею, калом і потом. Добова потреба людини в різних солях невелика і повністю забезпечується за рахунок різноманітної їжі.

Вітаміни

Вітаміни — органічні речовини, які не мають енергетичної цінності, але необхідні для перебігу реакцій обміну речовин. Вітаміни входять до складу ферментів, регулюють біохімічні реакції.

За нестачі того або іншого вітаміну виникають порушення обміну речовин, такі стани називаються гіповітамінозами, а у разі цілковитої відсутності вітаміну — авітамінозами. Перевищення норми споживання вітамінів також призводить до порушень функцій організму, й відоме воно під назвою гіпервітамінозів.

На сьогодні описано декілька десятків вітамінів і вітаміноподібних речовин, що діють специфічно на організм людини. Їх позначають буквами латинського алфавіту: А, В, С, D, Е, К, РР, Н. Усі вітаміни поділяють на дві групи: жиророзчинні (А, D, Е, К, F) та водорозчинні (інші).

Вітамін А міститься у тваринних жирах: риб'ячому жири, вершковому та топленому маслі, жовтках яєць, молоці, печінці, нирках, ікрі риб. У рослинах (морква, шпинат, абрикоси, червоний перець, кропива, люцерна) є провітамін А — оранжеві кристали каротину, які в організмі людини перетворюються на вітамін А. Цей вітамін необхідний для нормального зору та росту. Він відіграє важливу роль у підтримці нормального стану шкіри та слизових оболонок. З нестачею вітаміну А пов'язане порушення сутінкового зору — куряча сліпота, нездатність бачити за слабого освітлення. Добова потреба — 1 мг.

Вітаміни групи В (V_1 , V_2 , V_6 , V_{12} та ін.) містяться в багатьох продуктах рослинного та тваринного походження (у зародках і шкірці насіння, у проростках жита та пшениці, у дріжджах, печінці, яєчному жовтку). Вони впливають на обмін білків, жирів, вуглеводів, амінокислот і деяких інших речовин. Нестача цих вітамінів є причиною порушень у нервовій системі (хвороба бері-бері), слизових оболонках (виразки), шкірі (сухість), травній системі (пронос) тощо. Добова потреба: V_1 — 1,5 мг, V_2 — 1,8 мг, V_6 — 2 мг, V_{12} — 0,002 мг.

Вітамін С, або аскорбінова кислота, міститься в сирих овочах, плодах і ягодах. Особливо багато його в шипшині, чорній смородині, помідорах, цибулі, капусті, лимонах, апельсинах. Він сприяє збереженню здорової шкіри, бере участь в обміні речовин у сполучній тканині, необхідний для синтезу колагенових волокон. За відсутності вітаміну С в їжі у людини розвивається цинга: ясна стають слабкими і кровоточать, не заживають рани, не утворюються волокна сполучної тканини. Добова потреба — 60 мг.

Вітамін D міститься в печінці риб і морських ссавців, вершковому маслі, ікрі, яєчному жовтку. У рослинах є провітамін D, який під дією ультрафіолетових променів перетворюється на вітамін D. Він сприяє затриманню солей Кальцію, Фосфору і відкладанню їх у кістковій тканині. У дітей за нестачі вітаміну D в їжі або у разі тривалої відсутності сонячного світла розвивається рахіт — захворювання, що призводить до розм'якшення і викривлення кісток через пониження вмісту солей. Добова потреба — 0,1 мг.

Вітамін Е міститься в зародках пшениці, житньому борошні, печінці, зелених овочах. Нестача цього вітаміну у тварин викликає безпліддя, атрофію м'язів і недокрів'я, пов'язане з руйнуванням еритроцитів. Добова потреба — 10 мг.

Вітамін К є в шпинаті, головчастій і брюссельській капусті; в основному синтезується кишковою мікрофлорою. Він бере участь у синтезі протромбіну в печінці. Нестача цього вітаміну викликає порушення процесу зсідання крові. Добова потреба — 0,08 мг.

Внутрішнє середовище організму

Кров, лімфа і тканинна рідина складають внутрішнє середовище організму. Внутрішнє середовище здійснює зв'язок між усіма органами та клітинами організму, між організмом і навколишнім середовищем. За будь-яких змін, що відбуваються в зовнішньому середовищі, організм намагається зберегти сталість внутрішнього середовища (температуру, осмотичний тиск, рН, хімічний склад), необхідну для нормального функціонування клітин. Здатність зберігати сталість внутрішнього середовища шляхом саморегуляції називається гомеостазом.

Тканинна рідина

Тканинна рідина заповнює простір між клітинами, тканинами й органами. Вона утворюється з плазми і є посередником між кров'ю та клітинами. Із кровоносних капілярів поживні речовини надходять у тканинну рідину, а потім по градієнту концентрації — у клітини. Продукти життєдіяльності клітин через тканинну рідину потрапляють у кров, яка транспортує їх до органів виділення. Надлишок тканинної рідини потрапляє в лімфатичні судини, і далі через лімфатичні протоки — у кров. Таким чином, кров, лімфа і тканинна рідина тісно пов'язані між собою в підтримці гомеостазу організму.

Кров

Кров — вид сполучної тканини. В організмі людини кров виконує такі функції:

- 1) транспортну — переносить кисень, вуглекислий газ, поживні речовини, гормони, вітаміни, продукти метаболізму клітин;
- 2) захисну — здатна до зсідання (утворення тромбу) у разі поранень, пошкоджень судин; містить речовини та клітини, які знищують хвороботворні мікроорганізми, токсини, віруси;
- 3) регуляторна (гомеостатична) — бере участь у підтримуванні біологічних констант температури, осмотичного тиску, рН, сольового складу.

Склад крові. Кров складається з плазми та формених елементів. Плазма складає 55—60 % крові за об'ємом (3 л). До її складу входять вода (90 %), мінеральні й органічні речовини (10 %). До мінеральних речовин належать катіони металів (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) і неорганічні аніони (Cl^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}). Мінеральні речовини відіграють важливу роль у підтримці осмотичного тиску крові. До органічних речовин плазми належать білки (7—8 %), глюкоза (0,1 %), ліпіди, органічні кислоти (молочна, амінокислоти). Найважливішими білками крові є альбумін, глобулінові білки та фібриноген. Альбумін утримує воду в судинному просторі, перешкоджаючи її дифузії в тканинну рідину, зв'язує та транспортує катіони металів, гормони, лікарські препарати, глюкозу й жирні кислоти. Глобуліни виконують захисну функцію, беручи участь у розвитку процесів імунітету. Фібриноген необхідний для утворення тромбу. Плазма, з якої вилучений фібриноген, називається сироваткою.

Формені елементи крові

До формених елементів крові належать еритроцити, лейкоцити та тромбоцити.

Еритроцити. Транспорт кисню. Без'ядерні клітини, що мають форму двовігнутих дисків. У 1 мм^3 крові міститься 4—5 млн еритроцитів. Діаметр клітини становить 7—8 мкм, максимальна товщина 2,5 мкм, тривалість життя 80—120 днів. Еритроцити легко змінюють свою форму і можуть проходити крізь капіляри діаметром до 3 мкм.

Основна функція еритроцитів — транспорт кисню і вуглекислого газу. Зв'язування кисню в капілярах легенів відбувається завдяки особливому білку — гемоглобіну. Цей білок заповнює практично весь внутрішньоклітинний простір еритроцита; він складається з білкової частини та пігменту — гема, до структури якого входить Ферум. Ферум здатний зв'язувати кисень; при цьому утворюється насичений киснем оксигемоглобін, а кров набуває яскраво-червоного кольору. У тканинних капілярах гемоглобін легко віддає кисень клітинам, а вуглекислий газ в розчиненому стані просякає в цитоплазму еритроцитів.

Еритроцити утворюються в червоному кістковому мозку плоских кісток (грудина, ключиці, лопатки), руйнуються в селезінці, печінці та нирках. Унаслідок їхнього руйнування з гемоглобіну утворюються жовчні пігменти (білірубін тощо), які виводяться з організму, а залізо знову включається до складу гема.

Стан, за якого кількість еритроцитів або вміст у них гемоглобіну зменшується, називається анемією (недокрів'ям).

Тромбоцити. Зсідання крові. Тромбоцити мають неправильну округлу форму з діаметром 1—4 мкм. У 1 мм^3 крові міститься 150—300 тис. тромбоцитів. Вони утворюються

в червоному кістковому мозку з гігантських клітин мегакаріоцитів, циркулюють у крові 5—11 днів, а потім руйнуються в печінці, легенях і селезінці.

У разі пошкодження судини клітини, які утворюють її стінку, виділяють речовини, що викликають злипання (агрегацію) тромбоцитів і звуження просвіту судини. Злипання тромбоцитів призводить до їхнього руйнування і виходу особливого білка — тромбoplastину. Під дією тромбoplastину і кальцію білок плазми протромбін перетворюється на тромбін. Тромбін викликає перетворення розчиненого в плазмі фібриногену на нерозчинний фібрин. Білкові волокна фібрину утворюють густу сітку, в якій затримуються еритроцити. Кров'яний згусток, що утворився, — тромб — перешкоджає кровотечі. Після загоєння судини тромб розсмоктується. Цей процес здійснює білок плазми плазмін, який руйнує волокна фібрину.

Речовини, що перешкоджають зсіданню крові, називають антикоагулянтами. Найвідомішим антикоагулянтом є гепарин, що утворюється в печінці та легенях.

Лейкоцити. Імунітет. Лейкоцити складають велику групу клітин, різних за розмірами та формою. За нормою в 1 мм^3 крові міститься 6—10 тис. лейкоцитів. Вони утворюються в червоному кістковому мозку, а потім переміщуються в тимус, селезінку та лімфовузли, де відбувається їх дозрівання.

Основна функція всіх лейкоцитів — протибактерійний і противірусний захист, тобто формування імунітету.

Імунітет

У широкому розумінні імунітет — здатність організму зберігати свою біохімічну індивідуальність. Це означає, що у разі проникнення в організм антигену — чужорідної речовини, генетична інформація про яку відсутня, відбувається його пізнання і знищення. До антигенів належать бактерії, віруси, білки тварин і рослин, деякі речовини небілкової природи.

Імунна реакція. Згідно із сучасними уявленнями в розвитку імунної реакції можна виділити декілька етапів.

1) Бактерії, що проникають в організм, виділяють отруйні речовини білкової природи — токсини, що руйнують навколишні клітини та тканини. Макрофаги виходять з кровоносного русла в пошкоджену ділянку тканини. Вони починають поглинати бактерії шляхом фагоцитозу. Загиблі фагоцити утворюють гній, який механічно перешкоджає поширенню інфекції. Макрофаги виділяють речовини, що розширюють судини в місці ураження, тож температура в цій ділянці підвищується (що прискорює фагоцитоз), а ділянка шкіри червоніє. Це типові ознаки запалення.

2) Якщо фагоцити не можуть упоратися з інфекцією і бактерії потрапляють у кров,

відбувається активація В-лімфоцитів. Ці клітини мають на своїй поверхні рецептори, здатні пізнавати антигени, причому кожна клітина має унікальний рецептор. Тому В-лімфоцити можуть визначати практично будь-який антиген білкової природи, навіть той, з яким організм ніколи раніше не зустрічався. Розпізнавши антиген, В-лімфоцит починає продукувати антитіла. Антитіла становлять собою білки (імуноглобуліни), здатні зв'язуватися з антигеном своєю кінцевою ділянкою. Інша кінцева ділянка пізнається макрофагами, які починають фагоцитувати мікроорганізми. Після пригнічення інфекції більшість В-лімфоцитів гине, але деякі залишаються живі впродовж десятиліть. Це так звані В-клітини пам'яті. У разі повторного проникнення того ж антигену імунна відповідь розвивається швидше, іноді без зовнішніх ознак захворювання.

Якщо антигенами є віруси, а не бактерії, то активуються Т-лімфоцити. Вони пізнають вірус і розщеплюють його, виділяючи особливі ферменти. Вони також утворюють клітини пам'яті.

Форми імунітету. Виділяють такі форми імунітету: тканинний і протимікробний.

Протимікробний імунітет поділяється на природний (вроджений або набутий) і штучний (активний або пасивний). У свою чергу природний набутий імунітет також може бути активним і пасивним. Природний набутий активний імунітет виникає після перенесення хвороби. Природний набутий пасивний імунітет формується у новонародженої дитини: антитіла матері проникають через плаценту в організм плода і захищають його під час вагітності і якийсь час після народження. Деякі антитіла містяться в материнському молоці.

Штучний активний імунітет виробляється після вакцинації — введення ослабленого збудника. Після місцевої запальної реакції несприйнятливості зберігається довгі роки (дифтерія, правець, кір). Штучний пасивний імунітет виробляється в результаті введення сироватки, що вже містить антитіла до збудника (протиправцева сироватка).

Тканинний імунітет. У разі пересадки органів (серця, печінки, шкіри) від однієї людини до іншої розвивається реакція відторгнення. Організм пізнає чужу тканину і намагається знищити її: починається запальна реакція, нагноєння. Організм розглядає пересаджений орган як антиген. За розпізнавання антигену в цьому випадку відповідають Т-лімфоцити.

Групи крові. Переливання

У мембрану еритроцитів вбудовані молекули, що дістали назву аглютиногенів. Аглютиногену (антиген) еритроцитів відповідає аглютинін (антитіло) плазми. Відомі два аглютиногени А і В і два аглютиніни α і β . За присутністю аглютиногенів і аглютинінів виділяють чотири групи крові за системою АВ0: I (0), II (A), III (B) і IV (AB). У людей з I (0) групою аглютиногени в еритроцитах відсутні,

а в плазмі є обидва аглютиніни (α і β). У людей з II (A) групою еритроцити містять аглютиноген А, а в плазмі є аглютинін β . У III (B) групі еритроцити містять аглютиноген В, плазма — аглютинін α .

У IV (AB) групі еритроцити мають обидва аглютиногени, а аглютиніни плазми відсутні.

У разі переливання несумісних груп крові відбувається склеювання (аглютинація) еритроцитів. Реакція аглютинації є імунною відповіддю антиген—антитіло. Людина, якій переливають кров, називається реципієнтом, а людина, що надає свою кров,— донором. Особи з I (0) групою є універсальними донорами (їх кров можна переливати особам з будь-якою групою крові), оскільки їхні еритроцити не містять аглютиногенів, а особи з IV (AB) групою — універсальними реципієнтами (їм можна переливати кров будь-якої групи), оскільки їхня плазма не має аглютинінів.

Можливість переливання крові особам різних груп

Реципієнт \ Донор	I (0)	II (A)	III (B)	IV (AB)
I (0)	+	-	-	-
II (A)	+	+	-	-
III (B)	+	-	+	-
IV (AB)	+	+	+	+

На поверхні еритроцитів людини може бути присутній антиген, який називається резус-фактором. Кров осіб, у яких еритроцити містять резус-фактор, позначають Rh^+ ; якщо ж цей антиген відсутній — Rh^- .

Кровообіг

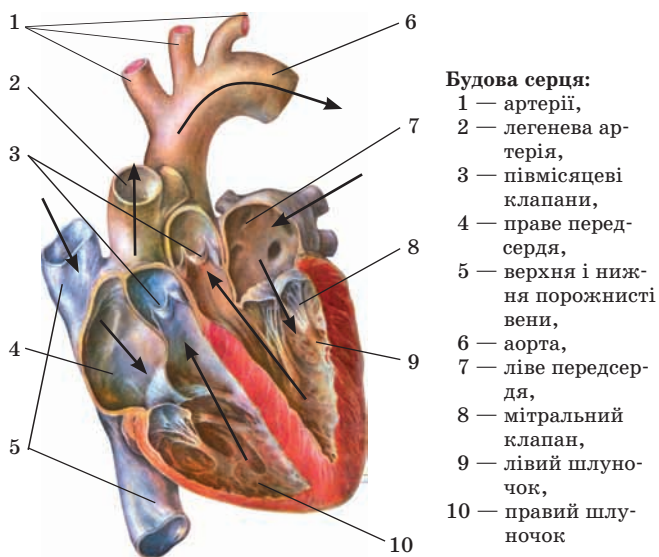
Серце

Серце — центральний орган кровообігу. Його ритмічні скорочення забезпечують безперервний рух крові по судинах. Частота серцевих скорочень дорослої людини в спокійному стані коливається в інтервалі 60—75 ударів на хвилину; за одне скорочення в кровотік викидається близько 70 мл крові.

У спокої серце людини споживає 10 % кисню, поглиненого легеньми, тоді як його маса складає лише 5 % від маси тіла. Під час інтенсивних фізичних навантажень споживання кисню може зростати в чотири рази. Частота серцевих скорочень у цьому випадку нерідко досягає 180 ударів за хвилину.

Будова серцевої стінки. Серцева стінка складається з трьох шарів. Внутрішній, який вистилає порожнини серця, називається ендокардом. Ендокард утворений епітеліальними клітинами, які щільно прилягають одна до одної, завдяки чому знижується тертя крові об стінки. Середній шар, який утворює серцевий м'яз, називається

міокардом. Він представлений серцевою м'язовою тканиною. Міокард найбільше розвинений у лівому шлуночку, сила скорочень якого визначає просування крові по всьому організму. Зовнішній шар — епікард — утворений епітеліальною тканиною. У грудній клітці серце міститься у так званій навколосерцевій сумці (перикарді); між перикардом і епікардом є порожнина, частково заповнена тканинною рідиною. Рідина зменшує тертя серця об стінки перикарда, а перикард забезпечує фіксацію органа в грудній порожнині й оберігає його від перерозтягнення під час надмірних фізичних навантажень.



Будова серця:

- 1 — артерії,
- 2 — легенева артерія,
- 3 — півмісяцеві клапани,
- 4 — праве передсердя,
- 5 — верхня і нижня порожнисті вени,
- 6 — аорта,
- 7 — ліве передсердя,
- 8 — мітральний клапан,
- 9 — лівий шлуночок,
- 10 — правий шлуночок

Анатомія серця

Серце ділиться суцільною перегородкою на праву та ліву половини, кожна з яких складається з двох відділів: передсердя та шлуночка. Серце людини, таким чином, має чотири камери. Між передсердям і шлуночками розташовані отвори, які закриваються стулковими клапанами. У лівій половині клапан складається з двох сполучнотканинних стулок, у правій — з трьох. Клапани можуть відкриватися тільки в порожнину шлуночків, що перешкоджає зворотному руху крові в передсердя.

У праве передсердя впадають верхня і нижня порожнисті вени, які збирають венозну кров з усього тіла. З правого шлуночка бере початок легеневий стовбур, що розділяється далі на ліву та праву легеневі артерії, які несуть венозну кров до легенів. У ліве передсердя впадає чотири судини: дві праві й дві ліві легеневі вени. Вони несуть збагачену киснем кров з легень. Із лівого шлуночка виходить найбільша судина кровоносної системи — аорта, яка розносить артеріальну кров по всьому тілу. Між аортою і лівим шлуночком, а також між легеневим стовбуром і правим шлуночком розташовані півмісяцеві клапани. Ці клапани влаштовані таким чином, що можуть відкриватися тільки в просвіт судини, але не в порожнину шлуночка, перешкоджаючи зворотному руху крові.

Кисень, необхідний для роботи самого серцевого м'яза, доставляється кров'ю, що тече по системі коронарних (вінцевих) судин. Вони беруть початок біля основи аорти, проходять через всю стінку серця, утворюючи безліч капілярів, і впадають у праве передсердя.

Природа серцевих скорочень. Серцю властивий автоматизм — здатність скорочуватися під дією електричних імпульсів, що виникають у ньому самому. Генератором таких імпульсів є група клітин, розташованих у правому передсерді біля місця впадання нижньої порожнистої вени, здатних самозбуджуватися із частотою 60—75 разів на хвилину. Шлуночки серця скорочуються не разом із передсердям, а з деякою затримкою.

Серцевий цикл

У діяльності серця є момент, коли м'язи передсердя та шлуночків розслаблені одночасно. Ця фаза триває 0,4 с і називається діастолюю. Під час діастоли кров наповнює передсердя (праве передсердя заповнюється венозною кров'ю з порожнистих вен і коронарної системи, а ліве — артеріальною кров'ю з легеневих вен). Потім передсердя скорочуються, видавлюючи кров у ще розслаблені шлуночки, причому стулкові клапани цьому не перешкоджають. Скорочення передсердя триває 0,1 с, після чого протягом 0,3 с скорочуються обидва шлуночки. З правого шлуночка кров надходить у легеневі артерії, якими транспортується в легені, а з лівого шлуночка — в аорту. Скорочення передсердя і шлуночків триває загалом 0,4 с і називається систолою. Після систоли знову настає діастола, коли півмісяцеві клапани закриті, а серцевий м'яз розслаблений.

Регуляція роботи серця

Частота і сила серцевих скорочень регулюються вегетативною нервовою та ендокринною системами. Активація симпатичної нервової системи приводить до підвищення частоти та сили скорочень, а парасимпатична система через блукаючий нерв знижує їх. Адреналін, що виділяється з надниркових залоз під час стресу, підвищення в крові концентрації вуглекислоти також активізують діяльність серця, збільшуючи швидкість доставки кисню до м'язів, головного мозку й інших органів.

Кровоносні судини

Розрізняють три типи кровоносних судин: артерії, вени, капіляри.

Артерії — судини, якими кров рухається від серця. Стінка артерій складається з трьох шарів. Внутрішній утворений клітинами епітеліальної тканини — ендотеліоцитами, які щільно прилягають одні до одних і мають гладенькі поверхні, зменшуючи тим самим тертя крові об стінку

судини. Середній шар представлений гладенькою м'язовою тканиною. Гладеньком'язових волокон особливо багато в дрібних артеріях, тоді як у великих (аорта, підключичні артерії) середній шар представлений в основному еластичними волокнами. Завдяки цьому стінки таких артерій набувають гнучкості й не розриваються кров'ю, що виштовхується зі шлуночків під високим тиском. Зовнішній шар складається з пухкої сполучної тканини, до якої підходять нерви й дрібні артерії, які живлять судину. По артеріях великого кола кровообігу тече збагачена киснем артеріальна кров. По легеневих артеріях малого кола кровообігу до легень відтікає венозна кров.

Вени — судини, якими кров тече до серця. Стінка вен складається з тих самих трьох шарів, проте середній гладеньком'язовий шар розвинений слабко і стінка вен тонша, ніж в артерій. Вени мають клапани, що перешкоджають зворотному плину крові. Просуванню венозної крові вгору по великих венах кінцівок сприяє скорочення скелетних м'язів. По венах великого кола кровообігу тече венозна кров, легеневі вени малого кола несуть до серця артеріальну кров.

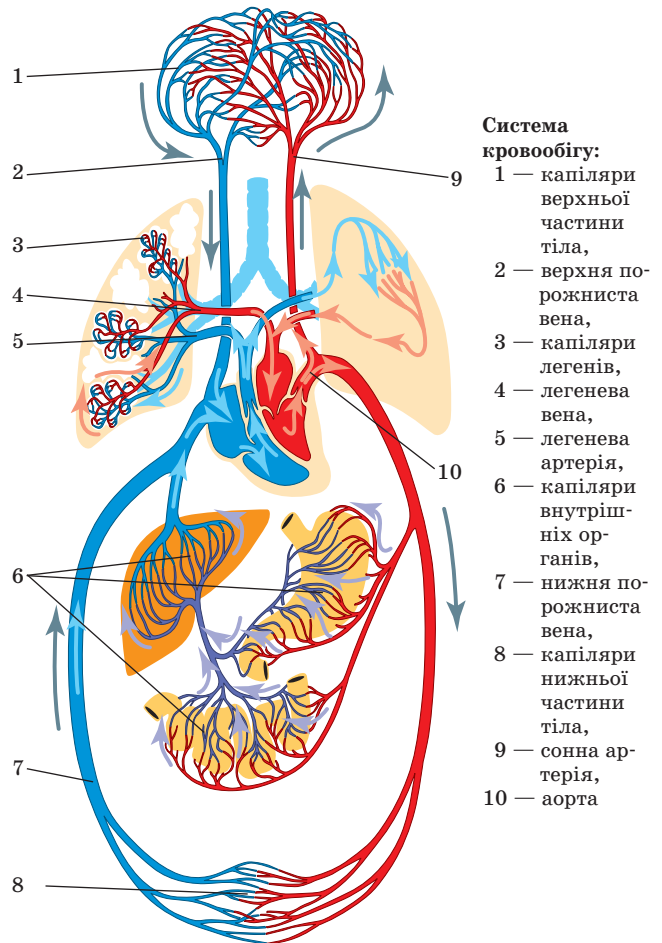
Капіляри складаються лише з одного шару клітин — ендотеліоцитів, мають діаметр 3—8 мкм, довжину — від 0,2 до 0,7 мм. В спокійному стані кров циркулює тільки в 25—35 % усіх капілярів; у разі фізичних навантажень кількість робочих капілярів скелетних м'язів збільшується. Найбагатшими на капіляри є головний мозок, міокард і печінка; їх відносно мало в кістковій і жировій тканинах.

Кола кровообігу

Велике коло кровообігу починається в лівому шлуночку і закінчується в правому передсерді. З лівого шлуночка виходить аорта, яка дає початок сонним і підключичним артеріям, що живлять головний мозок і верхні кінцівки відповідно. Від цибулини аорти відходять також коронарні артерії. Аорта проходить через грудний і черевний відділи тулуба, від неї відгалужуються дрібніші судини до органів тіла (нирок, печінки, кишечника). У поперековому відділі аорта розгалужується на праву та ліву клубові артерії, які переходять в артерії нижніх кінцівок. Усі дрібніші артерії утворюють артеріоли. Кожна артеріола дає сітку капілярів, які потім збираються у венули. Венули зливаються у вени. Венозна кров з нижніх відділів тіла збирається в нижню порожнисту вену, а кров від голови та верхніх кінцівок — у верхню порожнисту вену. Порожністі вени відкриваються у праве передсердя.

Мале коло кровообігу починається в правому шлуночку і закінчується в лівому передсерді. З правого шлуночка легеневий стовбур несе венозну кров у легені. Легеневі артерії поступово

розгалужуються на дедалі дрібніші судини аж до капілярів, які обплітають стінки легеневих альвеол. Тут відбувається газообмін, і насичена киснем кров надходить у праві та ліві легеневі вени, що відкриваються в ліве передсердя.



- Система кровообігу:**
- 1 — капіляри верхньої частини тіла,
 - 2 — верхня порожниста вена,
 - 3 — капіляри легень,
 - 4 — легенева вена,
 - 5 — легенева артерія,
 - 6 — капіляри внутрішніх органів,
 - 7 — нижня порожниста вена,
 - 8 — капіляри нижньої частини тіла,
 - 9 — сонна артерія,
 - 10 — аорта

Регуляція кровообігу. Рух крові по судинах регулюється нервовими і гуморальними механізмами. У довгастому мозку розташований судинний центр, від якого до артерій і вен прямують судинорухові нерви. По судинозвужувальних нервах постійно проходять нервові імпульси, завдяки чому судини перебувають у дещо звуженому стані. Це явище називається судинним тонусом. У разі припинення імпульсів від таких нервів відбувається розширення судин певного органа. Деякі органи іннервуються і судинорозширювальними нервами, імпульсація по яких приводить до збільшення їхнього просвіту. Не іннервуються тільки капіляри — їх відкритий або закритий стан визначається тонусом артеріол.

У кровоносних судинах і камерах серця розташовані барорецептори, що реагують на величину тиску крові. З підвищенням тиску в системі вони по чутливих нейронах посиляють імпульси в судинний центр довгастого мозку, і імпульсація судинозвужувальних нервів зменшується — судини розширюються і тиск падає.

Адреналін надниркових залоз викликає розширення артерій м'язів і звуження артерій внутрішніх органів. На тонус судин здатні впливати й інші гормони — тироксин, вазопресин. Підвищення концентрації вуглекислого газу та закислення крові також приводять до розширення судин, особливо артерій легенів і серця. Така гнучка система регуляції дозволяє пристосувати діяльність кожного органа до потреб усього організму в даний момент часу.

Лімфа. Лімфообіг

Лімфа відрізняється від плазми низьким вмістом білка (у середньому 20 г/л). Лімфатична система в організмі людини виконує такі функції:

- 1) дренажну — по лімфатичних судинах відтікає надлишок тканинної рідини;
- 2) захисну — в лімфовузлах відбувається розвиток лімфоцитів і знешкодження ними чужорідних для організму речовин;
- 3) транспортну — відбувається всмоктування ліпідів в лімфатичні капіляри кишкових ворсинок і їхній транспорт у кров.

Усі тканини, за винятком поверхневих шарів шкіри, хрящів, кісткової тканини, кристалика і деяких інших, пронизані безліччю лімфатичних капілярів. Ці капіляри, на відміну від кровоносних, замкнені з одного кінця і мають значно більший діаметр. Вони збираються в більші лімфатичні судини (вени), які мають клапани. По ходу судин розташовані лімфатичні вузли, що затримують найбільші частинки, які містяться в лімфі. Лімфатичні вени збираються в лімфатичні протоки, що відкриваються в підключичні вени.

Дихальна система

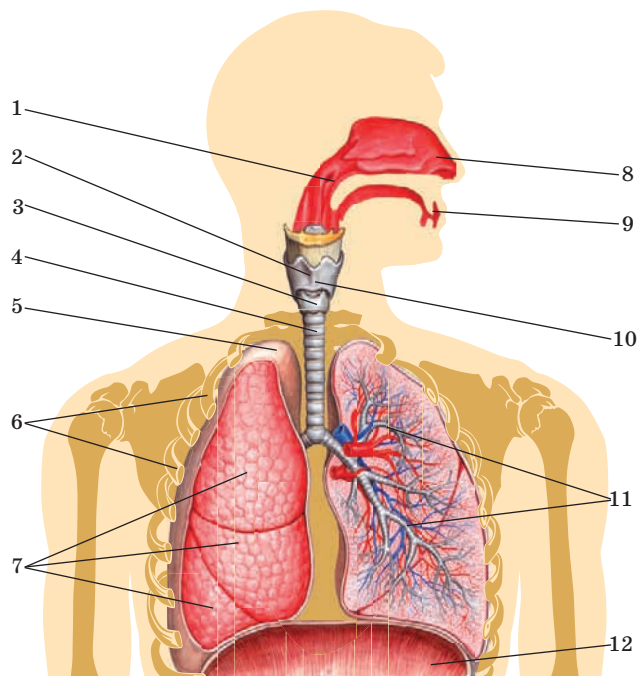
Дихальна система забезпечує процес газообміну між організмом і навколишнім середовищем (дихання). Розрізняють тканинне та легеневе дихання. Перше становить собою процес використання кисню в клітинах, а друге — газообмін у легенях.

Будова органів дихання

Виділяють повітроносні шляхи і власне дихальний (респіраторний) апарат. До повітроносних шляхів відносять носову порожнину, глотку, гортань, трахею, бронхи та бронхіоли; у них повітря, що вдихається, зігрівається, очищується від різних частинок (пороху тощо) і зволожується. У власне дихальному відділі, який складається з альвеол, здійснюються процеси газообміну.

Носова порожнина ділиться кістково-хрящовою перегородкою на дві половини. У кожній з них є три носові ходи. Слизова оболонка носової

порожнини вистелена епітелієм. У слизовій оболонці верхнього носового ходу розташовуються нюхові (рецепторні) клітини. Епітелій середнього і нижнього носових ходів складається з війчастих і залозистих клітин. Останні продукують велику кількість слизу, який оболікає чужорідні частинки, а завдяки ритмічним рухам війок грудочки слизу пересуваються назовні й виводяться в зовнішнє середовище. Слиз виконує ще одну функцію — зволожує повітря, що вдихається. За різних інфекцій залозисті клітини значно збільшують його продукцію (нежить), що забезпечує інтенсивне видалення хвороботворних мікроорганізмів. Під слизовою оболонкою розташована велика кількість кровоносних судин, тому повітря в носовій порожнині зігрівається. Повітря з носової порожнини надходить спочатку в її носову частину — носоглотку, потім у ротову — гортань.



Дихальна система:

- 1 — носоглотка, 2 — щитоподібний хрящ, 3 — перенеподібний хрящ, 4 — трахея, 5 — плевра, 6 — ребра, 7 — частки легені, 8 — носова порожнина, 9 — ротова порожнина, 10 — гортань, 11 — бронхи, 12 — діафрагма

Гортань виконує дві функції: дихальну і голосотвірну. Вона складається з дев'яти рухомих сполучених хрящів, найбільшими з яких є щитоподібний, перенеподібний, надгортанний (надгортанник). Внутрішня поверхня гортані вистелена слизовою оболонкою, що виконує захисну функцію. У гортані розташовані голосові зв'язки, ступінь натягу яких регулюється голосовими м'язами. Гортань переходить у трахею.

Трахея проходить спереду від стравоходу і складається з хрящових півкілець, сполучених між собою зв'язками. Частина стінки, обернена до стравоходу, утворена гладенькими м'язами, завдяки чому по стравоходу можуть проходити чималі шматки їжі. Слизова оболонка трахеї

представлена війчастими епітеліальними та залозистими клітинами й виконує ті ж функції, що й у носовій порожнині. На рівні п'ятого грудного хребця трахея розділяється на два бронхи.

Бронхи входять у легені й багаторазово розгалужуються, утворюючи бронхіальне дерево. Головні бронхи за будовою нагадують трахею — вони мають хрящові кільця, сполучені зв'язками. У міру зменшення діаметру бронхів хрящі поступово змінюють форму і зовсім зникають у бронхіолах (їх діаметр не більший за 1 мм). Бронхіоли переходять в альвеолярні ходи, на стінках яких, подібно до грон винограду, розташовані альвеоли.

Легені займають практично весь об'єм грудної клітки. Права легеня складається з трьох часток; ліва легеня трохи менша за праву й складається з двох часток. Поверхня легенів вкрита сполучнотканинною легеневою плеврою, яка зростається з внутрішньою поверхнею грудної порожнини, діафрагмою, перикардом, утворюючи замкнений мішок — плевральну порожнину, частково заповнену рідиною (знижує тертя внаслідок руху легенів під час вдиху-видиху).

Альвеоли обплетені густою сіткою капілярів. Вони складаються лише з одного шару сплосчених епітеліальних клітин. Таким чином, між просвітом альвеоли і просвітом капіляра розташовано лише два шари клітин.

Газообмін у легенях

Про інтенсивність газообміну в легенях можна судити з газового складу повітря, що вдихається (21 % кисню, 0,1 % вуглекислого газу) і видихається (14—16 % кисню, 4 % вуглекислого газу). Атмосферний кисень легко транспортується з альвеоли у венозну кров і зв'язується з гемоглобіном еритроцитів з утворенням оксигемоглобіну. Транспорт здійснюється шляхом простої дифузії, за рахунок різниці концентрацій кисню між кров'ю і повітрям в альвеолах. За рахунок різниці концентрацій вуглекислий газ із крові шляхом дифузії потрапляє у просвіт альвеоли. Насичена киснем артеріальна кров надходить по легеневиц венах до лівого передсердя і далі у велике коло кровообігу.

Механізм дихання

Дихальні рухи забезпечуються діяльністю міжреберних м'язів і діафрагми. Під час вдиху зовнішні міжреберні м'язи скорочуються, ребра віддаляються від хребта й об'єм грудної клітки збільшується. Це приводить до падіння тиску в плевральній порожнині (вона герметична), і легені, притягуючись до грудної клітки, розширюються. Діафрагма під час вдиху сплющується, також сприяючи розширенню нижніх відділів легенів. Падіння тиску в альвеолах у результаті

розширення легенів приводить до засмоктування в них повітря, відбувається вдих.

Під час видиху скорочуються внутрішні міжреберні м'язи, а діафрагма повертається в початкове положення. Тиск у плевральній порожнині збільшується, і легені стискаються. Тиск в альвеолах також підвищується, і повітря з них виштовхується назовні — відбувається видих.

Залежно від переважаючої участі в дихальних рухах міжреберних м'язів або діафрагми розрізняють відповідно грудний і черевний типи дихання. Частота дихальних рухів складає в спокійному стані 13—16 разів/хв.

Об'єм повітря, що видихається в спокійному стані (до 500 мл), називається дихальним об'ємом. Об'єм повітря, яке може бути видихнуто у разі максимального видиху після максимального вдиху, називають життєвою ємністю легенів. Вона складає 3000—4000 мл. Проте деяка кількість повітря (1000—1500 мл) залишається в легенях навіть після максимального видиху — залишковий об'єм.

Регуляція дихання

Дихальний центр розташований у довгастому мозку.

На частоту і глибину дихання впливають хімічні чинники крові. Так, за підвищеної концентрації вуглекислого газу в крові частота і глибина вдихів збільшується (наприклад під час фізичних навантажень).

Система виділення

До системи виділення людини відносять нирки, сечоводи, сечовий міхур і сечівник. Система виділення виконує такі функції:

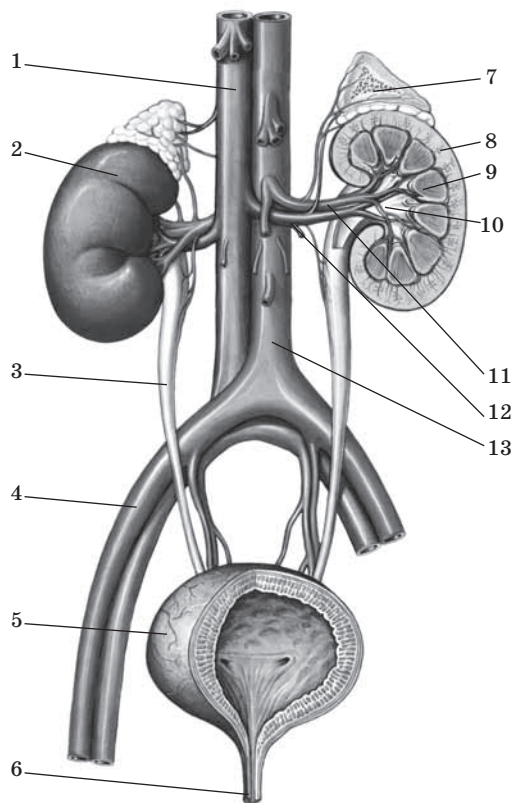
- 1) видалення продуктів обміну речовин з організму;
- 2) підтримка концентрації солей у крові (тобто регуляція осмотичного тиску);
- 3) контроль об'єму циркулюючої крові.

Функцію виділення частково виконують й інші органи: легені (вуглекислий газ і 15 % води), шкіра (до 20 % води, мінеральні солі, невелика кількість сечовини), кишечник (жовчні кислоти і 6 % води).

Будова нирки. Утворення сечі

Нирки — спеціалізовані органи виділення, основна функція яких полягає у виведенні з організму надмірної кількості води, сечовини, мінеральних солей. Вони розташовуються на задній стінці черевної порожнини й вкриті жировою капсулою. У кожній нирці розрізняють зовнішню кіркову і внутрішню мозкову речовину. Основною структурно-функціональною одиницею нирки є нефрон (у кожній нирці їх близько мільйона).

Він складається з ниркового тільця та каналцевого апарата. Ниркове тільце нефронів розташоване в кірковій речовині й виконує функцію фільтра.



Сечовидільна система:

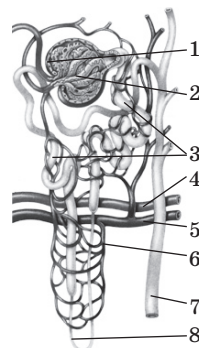
- 1 — нижня порожниста вена, 2 — нирка, 3 — сечовід,
- 4 — загальна клубова артерія, 5 — сечовий міхур,
- 6 — сечівник, 7 — надниркова залоза, 8 — корковий шар, 9 — мозковий шар, 10 — ниркова миска,
- 11 — ниркова артерія, 12 — ниркова вена, 13 — черевна частина аорти

Фільтрація. У нирковому тільці відбувається перший етап сечоутворення — фільтрація. Тільце утворене судинним мальпігієвим клубочком і капсулою Шумлянського — Боумена. Внутрішня стінка капсули складається з одного шару епітеліальних клітин. Капіляри мальпігієвого клубочка утворюються з приносячої артеріоли і збираються знову-таки тут у виносну артеріолу, яка в багатьох нефронах має менший діаметр, ніж приносяча. Завдяки цьому створюється ефективний тиск клубочкової фільтрації.

Фільтрації піддаються вода, глюкоза, амінокислоти, деякі гормони, сечовина, йони Na^+ , Ca^{2+} , K^+ . Усі ці речовини утворюють фільтрат, або первинну сечу. У крові, що відтікає по виносній артеріолі, залишаються лише формені елементи, білки та молекули інших речовин з масою не меншою за 68 000 Да. За хвилину через обидві нирки проходить 1250 мл крові, що приводить до утворення 125 мл фільтрату. Це означає, що 10 % крові, що проходить через нирки, переходить у фільтрат.

Реабсорбція. Далі з ниркового тільця первинна сеча потрапляє в каналцевий апарат нефрону. У каналцях відбувається другий етап сечоутворення — реабсорбція, яка становить собою

АТФ-залежний процес всмоктування більшості (99 %) молекул (амінокислот, глюкози), що профільтрувалися, назад у кров.



Нефрон:

- 1 — капсула,
- 2 — нирковий клубочок,
- 3 — звивистий каналець,
- 4 — артерія,
- 5 — вена,
- 6 — міжканалцеві капіляри,
- 7 — збирна трубочка,
- 8 — петля Генлі

Канальцевий апарат нефрону складається із системи прямих і звивистих каналців і петлі Генлі, яка глибоко заходить у мозкову речовину нирки. Довжина каналців нефрону становить 35—50 мм. Вони утворені одношаровим епітелієм з виростами-війками, що збільшують його поверхню до 40—50 м². У різних відділах каналців реабсорбуються вода, йони, глюкоза, а концентрація сечовини дедалі зростає. Реабсорбція здійснюється епітеліальними клітинами каналцевого апарата, які потім секретують поглинені ними речовини назад у кров. Кров до каналців доставляють виносні артеріоли, які повторно розпадаються на капіляри. Капіляри йдуть уздовж каналців і збираються далі у венули та вени, утворюючи в результаті ниркову вену. Таким чином, судини нирок мають важливу особливість: вони формують сітку капілярів як у клубочку, так і по ходу каналців.

Звивистий каналець відкривається в збирну трубочку, де відбувається подальше всмоктування води. Саме у збирних трубочках утворюється вторинна сеча, яка виводиться з організму. Сеча по системі збирних трубочок надходить у ниркові чашечки, а потім у ниркову миску, яка переходить у сечовід 30—35 см завдовжки. Пересування сечі по сечоводу здійснюється завдяки перистальтичним скороченням гладеньких м'язів його стінки (швидкість — 2—3 см/с). Обидва сечоводи відкриваються в сечовий міхур — непарний порожнистий м'язовий орган, де сеча накопичується (об'єм сечового міхура досягає 0,5 л). Його нижній відділ утворює сечівник. Сечівник жінки має довжину 3—6 см, чоловіка — 16—22 см.

Товщина стінок порожнього сечового міхура складає 1,5 см. У міру наповнення сечею його стінки розтягуються і потоншуються до 2—3 мм. Під час розтягування сечового міхура від рецепторів його слизової оболонки та м'язів імпульси надходять у центр сечовиділення (попереково-крижовий відділ спинного мозку). Звідти по рухових волокнах подається команда до випорощення, яке відбувається завдяки узгодженому скороченню мускулатури міхура і розслабленню двох сфінктерів сечівника.

Регуляція роботи нирок

Регуляція роботи нирок здійснюється за двома механізмами: гуморальним та нервовим. В обох випадках сигналом є зміна осмотичного тиску крові, який сприймається осморорецепторами гіпоталамуса.

Гуморальна регуляція. Зі зменшенням об'єму крові (наприклад унаслідок сильних кровотеч) активація осморорецепторів приводить до викиду антидіуретичного гормону (вазопресину). Цей гормон впливає на клітини звивистих каналців і збирних трубочок, підсилюючи процес зворотного всмоктування води. У результаті об'єм вторинної сечі, що виділяється, зменшується. Якщо об'єм крові підвищений (наприклад унаслідок поглинання великої кількості рідини), виділення антидіуретичного гормону знижується, що приводить до уповільнення всмоктування води нирками.

На діурез впливає адреналін: він звужує виносні артеріоли, завдяки чому підвищується тиск фільтрації і, отже, збільшується утворення первинної сечі. Проте цей ефект викликається низькими концентраціями адреналіну в крові. У разі високого його вмісту спостерігається анурія (відсутність виведення сечі з організму). Альдостерон кори надниркових залоз стимулює поглинання йонів натрію і води каналцями нирок, зменшуючи виділення сечі.

Нервова регуляція зводиться до зменшення або збільшення просвіту приносних або виносних артеріол, унаслідок чого змінюється тиск фільтрації.

Шкіра

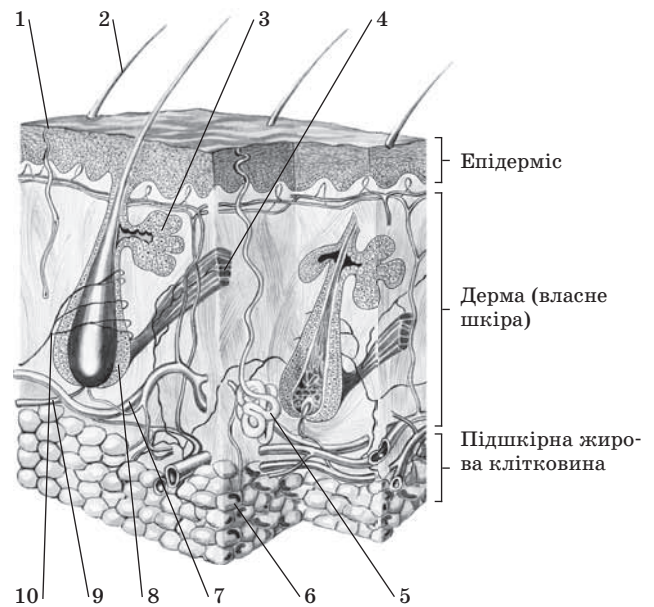
Функції шкіри

Шкіра виконує такі функції:

- 1) захисну — непошкоджений шкірний покрив є міцним захистом від хвороботворних мікроорганізмів;
- 2) терморегуляційну — крізь поверхню шкіри постійно відбувається виділення тепла (якщо тільки температура навколишнього середовища нижча за 36,6 °C), випаровування поту також приводить до охолодження організму;
- 3) виділення — з поверхні шкіри протягом доби виділяється не менше за 500 мл поту;
- 4) обмінну — шкіра бере активну участь в обміні вітаміну D, накопиченні й обміні жирів;
- 5) рецепторну — у шкірі міститься безліч рецепторів больової, температурної й тактильної чутливості.

Будова шкіри

Шкіра складається з епідермісу, дерми (власне шкіри) та підшкірної жирової клітковини.



Будова шкіри:

- 1 — потова пора, 2 — волосина, 3 — сальна залоза,
- 4 — м'яз, що піднімає волосину, 5 — потова залоза,
- 6 — жирова тканина, 7 — венула, 8 — волосяний фолікул, 9 — артеріола, 10 — нерви

Епідерміс — зовнішній шар шкіри, представлений багат шаровим роговувачим епітелієм завтовшки 0,05—1,5 мм. Внутрішній шар епідермісу складається із живих клітин, що діляться і відповідають за його оновлення. Багато з них містять пігмент меланін, що зумовлює колір шкіри й оберігає її від ультрафіолетових променів. Зовнішні шари епідермісу складаються з мертвих клітин — лусок, заповнених білком кератином. Вони постійно злущуються з поверхні шкіри, видаляючи налиплі частинки пилу, бруду та мікроорганізми. Таким чином, основна функція епідермісу — захисна.

Дерма утворена сполучною тканиною завтовшки 1—2,5 мм. Вона складається з двох шарів — сосочкового і сітчастого. Сосочковий шар (зовнішній) представлений пухкою сполучною тканиною. Він утворює сосочки, що заходять до епідермісу. До них підходять кровоносні судини, завдяки чому здійснюється живлення клітин епідермісу (останні не мають власних кровоносних судин і нервів). Сосочки відповідають за формування шкірного рельєфу. Сітчастий шар містить безліч колагенових волокон, що йдуть під кутом одне до одного і надають шкірі пружності й еластичності. Тут залягають корені волосся, сальні та потові залози.

Підшкірна жирова клітковина містить жирову тканину й відіграє важливу роль у терморегуляції, є жировим депо організму. Товщина цього шару може досягати кількох сантиметрів.

Волосся

Волосся є похідним епідермісу. Розрізняють виступаючу частину — стрижень, що складається з білка кератину, меланіну і пухирців повітря, і занурений в дерму корінь, поміщений у волосяну сумку (фолікул). У волосяну сумку відкривається сальна залоза, секрет якої змащує волосся. До сумки підходить м'яз, який піднімає волосся. Його скорочення приводить до спорожнення сальної залози й переводить волосся в перпендикулярне до шкіри положення.

Потові залози

Кінцеві відділи потових залоз залягають у дермі, а довгі вивідні протоки відкриваються на поверхні шкіри в потовій порі. Секрет потових залоз — піт — містить 97—99,5 % води, невелику кількість солей, сечовини, сечової кислоти, креатиніну. Запах поту зумовлений розкладанням сечовини з виділенням аміаку, а також бактерійним розкладом жирних кислот, що входять до складу поту, до більш летких продуктів (наприклад масляної кислоти).

Піт утворюється безперервно — близько 500 мл на добу в спокійному стані за низької температури навколишнього середовища. У разі фізичної роботи або високої температури його виділення різко підвищується. За температури вищої за 37 °С організм віддає тепло тільки шляхом потовиділення. Центри потовиділення розташовані в спинному мозку.

Нігті

Ніготь є похідним епідермісу. Він складається з нігтьової пластинки, що лежить на сполучнотканному нігтьовому ложі. Нігті пальців рук ростуть зі швидкістю 0,05 см на тиждень, що в 4 рази швидше, ніж на ногах. Ріст здійснюється завдяки поділу клітин кореня нігтя.

Рецепторний апарат шкіри

Кількість больових рецепторів на 1 см² поверхні шкіри досягає 100—200, а загальна їх кількість — близько 1 млн. Кількість тактильних рецепторів складає в середньому 25 на 1 см² (усього 500 тис.). Вони розподілені украй нерівномірно: найбільша кількість зосереджена на подушечках пальців, кінчику носа, трохи менше на долоні, ще менше на спині.

У середньому на 1 см² поверхні шкіри припадає 12—15 холодних терморекцепторів і 1—2 теплові.

Статева (репродуктивна) система. Онтогенез

Статева система людини представлена чоловічими та жіночими статевими органами, які за своїм розташуванням поділяють на зовнішні та внутрішні.

Чоловічі статеві органи

Внутрішні чоловічі статеві органи. До внутрішніх чоловічих статевих органів відносять сім'яники (яєчка), сім'явивідні протоки, передміхурову та деякі інші залози та сечівник. Останній слугує у чоловіків як для виведення сечі, так і для проходження сперматозоїдів.

Сім'яники (яєчка) — парні статеві залози, що виконують такі функції: утворення сперматозоїдів (екзокринна функція) і виділення чоловічих статевих гормонів (ендокринна функція). Сім'яники разом з їхніми придатками містяться в мошонці й вкриті безліччю оболонок.

Сім'яні каналці виходять із сім'яника і впадають в єдину протоку придатка. Дозріваючи, сперматозоїди переміщуються по каналцях у протоку придатка, де вони накопичуються і набувають здатності до запліднення яйцеклітини. Протока придатка переходить у сім'явивідну протоку, яка впадає в сечівник. Сюди відкриваються протоки ряду залоз: передміхурової, залози Купера. Секрет цих залоз підвищує життєздатність сперматозоїдів, збільшує їх рухливість, нейтралізує кисле значення рН піхви.

Зовнішні чоловічі статеві органи. До зовнішніх чоловічих статевих органів відносять мошонку і статевий член.

Мошонка становить собою шкірно-м'язовий мішок. Вона підтримує температуру яєчок на 2—3 градуси нижче за температуру тіла, оскільки це необхідно для дозрівання сперматозоїдів.

Статевий член виконує дві функції: слугує для виділення сечі та введення сперми в жіночі статеві шляхи.

Жіночі статеві органи

Внутрішні жіночі статеві органи. До внутрішніх жіночих статевих органів відносять яєчники, матку, маткові труби та піхву.

Яєчники — парні органи, що виконують такі функції: утворення яйцеклітин і продукції жіночих статевих гормонів. Яєчник складається з кіркової й мозкової речовини. У кірковій речовині містяться пухирці невеликого розміру — фолікули, що несуть жіночі статеві клітини — яйцеклітини. У мозковій речовині розташовуються кровоносні судини та нервові закінчення. Кожна маткова труба (яйцепровід) відкривається в черевну порожнину

лійкоподібним отвором, а в матку — матковим отвором. Матка — порожнистий товстостінний орган з добре розвинутою м'язовою стінкою. У порожнині матки відбувається розвиток плода. Через зів матки сполучається з піхвою. Остання має довжину 7—9 см. Стінка піхви утворена складчастою слизовою оболонкою і гладенькою мускулатурою.

Зовнішні жіночі статеві органи. До зовнішніх жіночих статевих органів відносять великі та малі соромітні губи, клітор і переддвер'я піхви.

Дозрівання яйцеклітини

Дозрівання яйцеклітини відбувається у фолікулі яєчника — пухирці, клітини якого оточують яйцеклітину, що росте, живлячи її, а також виробляють естрогени. На відміну від сперматозоїдів, утворення яких триває протягом життя чоловіка, первинні яйцеклітини та фолікули формуються вже в ембріональному періоді. У новонародженої дівчинки в оболонках яєчника є до 800 тис. зачатків фолікулів, а до статевого дозрівання їх залишається не більше 400. Кожні 25—30 днів відбувається дозрівання одного фолікула. Яйцеклітина, що міститься в ньому, виходить у черевну порожнину, потрапляє в яйцепроводи (маткові труби) і може бути запліднена сперматозоїдом.

Менструальний цикл

Процес дозрівання яйцеклітини називають менструальним циклом. Ріст фолікула активується фолікулоstimулюючим гормоном (ФСГ) гіпофіза. Дозрівання фолікула триває 12—14 днів, після чого його стінка лопається, яйцеклітина потрапляє в черевну порожнину і далі — в маткові труби. Цей процес називається овуляцією. На місці фолікула, що лопнув, під дією лютеїнезуючого гормону гіпофіза формується жовте тіло. Воно також продукує гормон — прогестерон. Цей гормон готує організм жінки до вагітності, активує ріст епітелію матки. Якщо запліднення яйцеклітини не відбувається, то через 7—10 днів жовте тіло припиняє виробляти прогестерон, що приводить до відторгнення маткового епітелію, пошкодження судин, які живлять його, і кровотечі. Цей процес називають менструацією. Вона триває 4—6 днів. Далі естроген яєчника активує відновлення епітелію матки, а ФСГ стимулює дозрівання нового фолікула. Цикл повторюється.

У разі запліднення яйцеклітини зародкові оболонки ембріона і плацента виділяють гормони, що підтримують жовте тіло протягом вагітності. Поступово плацента сама починає синтезувати прогестерон. Усе це приводить до припинення менструацій і подальшого розвитку епітелію матки.

Запліднення і розвиток зародка.

Вагітність і пологи

Зустріч сперматозоїдів і яйцеклітини відбувається у верхній третині маткових труб. Один із них руйнує оболонку яйцеклітини і проникає всередину, запліднивши її. Після цього всі інші сперматозоїди вже не можуть злитися з жіночою статевою клітиною і гинуть.

Протягом 3—4 днів зигота просувається по маткових трубах та інтенсивно ділиться. На 6—7-й день вагітності відбувається імплантація зародка — проникнення його в стінку матки. Зруйновані епітеліальні клітини слугують ембріону поживним матеріалом до формування плаценти. На другому тижні розвитку відбувається гастрюляція — ембріобласт формує ектодермальний (зовнішній) і ентодермальний (внутрішній) зародкові листки. Надалі утворюється третій листок — мезодерма. Ці листки дають початок трьом зародковим оболонкам: хоріону (формується з мезодерми та трофобласта), амніону (з ектодерми) і жовтковому мішку (з ентодерми). Ворсинки хоріона беруть участь в утворенні плаценти, амніон обростає ембріон і утворює водяну оболонку, заповнену амніотичною рідиною, яка захищає його від ушкоджень. Жовтковий мішок функціонує як кровотворний орган. Його похідним є первинний сечовий міхур — алантоїс. Із зародкових листків у процесі ембріонального розвитку утворюються всі органи та тканини.

Деякі органи та тканини, що утворюються із зародкових листків

Ектодерма	Ентодерма	Мезодерма
Епідерміс шкіри Нігті, волосся Потові залози Нервова система, органи чуття, кристалик Епітелій ротової та носової порожнини Зубна емаль	Епітелій стравоходу, шлунка, кишечника Епітелій трахеї, бронхів, легенів Епітелій сечового міхура, сечівника Щитоподібна залоза	Гладенька і поперечносмугаста м'язова тканина Дентин зубів Дерма Кровоносні судини Нирки Сім'яники, яєчники

Закладка основних органів зародка закінчується до 1—3 місяців вагітності, тому організм, що розвивається, називають далі не ембріоном (зародком), а плодом.

Плацента утворюється з хоріона, що має безліч ворсинок, і стінок матки. Кров матері омиває ворсинки хоріону, в які заходять кровоносні судини ембріона. Важливо зазначити, що безпосереднього контакту між кров'ю матері та зародка не відбувається. Плацента виконує такі функції:

- 1) добуває поживні речовини, кисень з крові матері для ембріона;
- 2) видаляє вуглекислий газ і продукти обміну;
- 3) є бар'єром для більшості вірусів і мікроорганізмів;
- 4) секретує гормони підтримки вагітності.

Вагітність у людини триває в середньому 280 днів (40 тижнів). Після закінчення цього періоду в кров починає викидатися велика кількість окситоцину, який стимулює скорочення матки і збільшує розтяжність стінок піхви. Положення плода в матці та його маса дуже важливі для нормального перебігу пологів.

Періоди життя людини

Періоди життя людини

Період	Вік
Новонароджені	1—10 днів
Грудний вік	10 днів — 1 рік
Дитинство (раннє, перше, друге)	1—12 років (1—3 роки, 4—7 років, 8—12 років)
Підлітковий вік	12—16 хлопчики, 12—15 дівчатка
Юнацький вік	17—21 юнаки, 16—20 дівчата
Зрілий вік	22—60 чоловіки, 21—55 жінки
Літній вік	61—74 чоловіки, 56—74 жінки
Старечий вік	75—90 чоловіки та жінки
Довгожителі	90 років і вище

У грудному періоді єдиним джерелом їжі дитини є материнське молоко. Секрецію молока молочними залозами матері стимулює гормон пролактин. У шлунку дитини є фермент, який звурджує білки молока — хімозин. У грудному віці велике значення в житті дитини має сон, під час якого відбувається ріст тіла, внутрішніх органів, розвиток нервової системи.

ВИЩА НЕРВОВА ДІЯЛЬНІСТЬ

Вища нервова діяльність (ВНД) — діяльність вищих відділів головного мозку, що забезпечує спільно з діяльністю інших відділів головного мозку нормальне існування організму та його постійне пристосування до мінливих умов зовнішнього середовища.

Рефлекси

Основою ВНД є умовні рефлекси та складні безумовні рефлекси — інстинкти.

Безумовні рефлекси

Безумовні рефлекси — рефлекси, що успадковуються нащадками від батьків і зберігаються протягом усього життя. Вони виникають в еволюції

у відповідь на тривалу дію життєво важливих подразників і лежать в основі всіх реакцій поведінки тварин і людини.

І. П. Павлов розділяв безумовні рефлекси за їх складністю на прості (рефлекси спинного мозку), складні (рефлекторні дуги проходять через підкіркові зони мозку — дихальний рефлекс) і надскладні (інстинкти). Інстинкт — сукупність складних форм поведінки, які властиві тварині даного виду і виникають у відповідь на подразнення зовнішнього або внутрішнього середовища. Прикладами інстинктів є такі: статевий, батьківський, харчовий, орієнтувальний, захисний, стадний.

Умовні рефлекси

Умовні рефлекси — рефлекси, які набуваються протягом життя й утворюються в результаті поєднання байдужого (умовного, індиферентного) і безумовного (життєво необхідного) подразників. Байдужим називається подразник, що є нейтральним для особини, тобто що не викликає якогось безумовного рефлексу або оборонної поведінки.

Правила вироблення умовних рефлексів:

- 1) дія індиферентного подразника (який стане умовним) має передувати дії безумовного;
- 2) індиферентний подразник має бути слабшим, ніж безумовний;
- 3) необхідна деяка кількість повторів;
- 4) під час вироблення умовних рефлексів на організм не повинні діяти сторонні подразники.

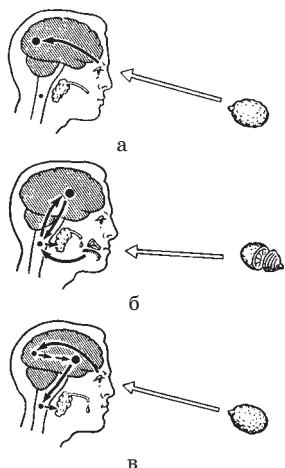
Ґрунтуючись на цих правилах, опишемо методику утворення умовного рефлексу слиновиділення у собаки, розроблену І. П. Павловим. Індиферентним (умовним) подразником буде звуковий сигнал, а безумовним — їжа. Через 1—30 с після подачі звукового сигналу в кімнату, де перебуває тварина, поміщають миску з їжею. У перші декілька повторів різкий звук викликати у собаки орієнтовну реакцію, і вона не зверне уваги на їжу. Орієнтовна реакція — вроджений рефлекс, який спрямований на з'ясування джерела невідомого подразника та виражається в повороті голови, тулуба й очей до джерела сигналу, в зміні дихання та серцебиття. Проте через деяку кількість повторів орієнтовна реакція зникає, оскільки собака звикає до звуку, він перестає бути для нього новим. Подача звукового сигналу викликати тепер стійке слиновиділення ще до появи їжі. Умовний рефлекс вироблений.

Класифікація умовних рефлексів за ступенем складності:

Рефлекси першого порядку (звичайні) — умовні рефлекси, утворені внаслідок поєднання індиферентного подразника з безумовним. Сюди

належать розглянутий вище слиновидільний, а також оборонний рефлекс.

Рефлекси вищих порядків утворюються на базі інших умовних рефлексів. Наприклад, якщо у собаки вироблений умовний слиновидільний рефлекс на дзвінок, то, поєднуючи цей умовний сигнал з іншим індиферентним подразником (наприклад спалахом світла), можна виробити умовний рефлекс другого порядку. У цьому випадку у разі незалежного застосування світлового сигналу (без звукового) у тварини відбуватиметься слиновиділення. У ссавців можна виробити рефлекси четвертого порядку, у людини — шостого.



Механізми утворення умовних рефлексів:

а — зовнішній вигляд лимона викликає збудження в зоровій корі великих півкуль,
б — смак лимона викликає збудження рецепторів ротової порожнини, центру слиновиділення в довгастому мозку та коркового харчового центру,
в — між двома корковими осередками збудження утворюється тимчасовий зв'язок

Для виникнення умовних рефлексів необхідно, щоб у корі великих півкуль утворилися тимчасові зв'язки між нервовими центрами умовного подразника (світло, звук) і центрами безумовного подразника (больові відчуття, смак їжі).

Умовні рефлекси дуже важливі для виживання особин. Умовний рефлекс має випереджальний характер, він забезпечує готовність організму до дії ще до появи безумовного подразника (жертви, хижака). Що вища організація нервової системи, то більшу кількість умовних рефлексів тварина здатна виробити і запам'ятати протягом життя, то вищим є її виживання.

Гальмування умовних рефлексів.

Розрізняють два види гальмування: зовнішнє і внутрішнє.

Зовнішнє гальмування — вроджена властивість нервової системи. Воно викликається деякими зовнішніми подразниками (біль, дуже голосні звуки). Зовнішнє гальмування, що виникає в нервових клітинах головного мозку у відповідь на дуже сильні подразники, називають охоронним (поза межним). Другий вид зовнішнього гальмування — згасаюче гальмування — виникає внаслідок дії нового подразника.

Розрізняють чотири види внутрішнього гальмування: згасання, диференціювання, запізнювання, умовне гальмування. Усі вони вимагають вироблення, тобто не є вродженими.

ПАМ'ЯТЬ, МЕХАНІЗМИ ПАМ'ЯТІ

Вироблення умовних рефлексів, навчання тварин і людини можливі завдяки здатності нервової системи до запам'ятовування інформації. Пам'ять — властивість нервової системи зберігати інформацію, що зумовлює здатність живих організмів до здобування та використання досвіду.

Види та форми пам'яті

За тривалістю збереження інформації пам'ять поділяють на сенсорну, короткострокову і довгострокову (довготривалу). Сенсорна пам'ять (0,1—0,5 с) — один із перших етапів сприйняття інформації. Її наявність забезпечує збереження зорового образу під час мигання, сприйняття своєї та чужої мови. Короткострокова пам'ять дозволяє утримати інформацію протягом певного, досить короткого проміжку часу (хвилини — доба). Для переходу інформації в короткострокову пам'ять необхідне її повторення. Довготривала пам'ять забезпечує тривале збереження інформації протягом багатьох років або навіть усього життя.

За способом запам'ятовування інформації виділяють такі форми пам'яті: зорову, слухову, рухову, емоційну. Емоційна пам'ять — це здатність нервової системи відтворювати пережитий раніше емоційний стан з елементами ситуації, що викликала його.

Сон і сновидіння

Фізіологічний сон

Цикл сон—активність належить до циркадіанних (добових) ритмів людини. На підставі електрофізіологічних досліджень (записи електроенцефалограми (ЕЕГ) у піддослідних) виділяють дві стадії фізіологічного сну: повільний сон, під час якого на ЕЕГ реєструються хвилі малої частоти, і швидкий (парадоксальний) сон, — у цей період ритми ЕЕГ нагадують такі ж, як і у людини, яка не спить, і спостерігаються швидкі рухи очей сплячого. Протягом ночі послідовність стадій сну повторюється в середньому 3—5 разів, а один цикл повільний—швидкий сон триває 90—100 хв. Вечірньої пори фаза повільного сну переважає, а в ранкові години період швидкого сну різко подовжується і може досягати 30 хв.

ОСОБЛИВОСТІ ВНД ЛЮДИНИ

Перша та друга сигнальні системи

Елементи вищої нервової діяльності виявлені навіть у безхребетних. Серед хребетних найдосконалішу ВНД мають примати.

Проте всім тваринам притаманна тільки перша сигнальна система, завдяки якій вони здатні сприймати предмети зовнішнього світу за допомогою органів чуттів. Перша сигнальна система — це система рефлекторних реакцій на конкретні подразники. Людина крім першої має другу сигнальну систему, завдяки якій мислення здійснюється не тільки за допомогою конкретних образів, сприйнятих органами чуттів, а й за допомогою узагальнених понять — слів, математичних знаків. Слова припускають узагальнення предметів і формування понять.

ЕКОЛОГІЯ І ВЧЕННЯ ПРО БІОСФЕРУ

Екологія (від грец. oikos — середовище і logos — учення) — наука про взаємозв'язки біологічних організмів між собою і з середовищем існування.

Термін «екологія» був запропонований у 1866 р. німецьким біологом Е. Геккелем. Сьогодні екологія є біологічною дисципліною, що розвивається, підрозділяється на декілька розділів, які вивчають різні рівні взаємозв'язків організмів. До завдань популяційної екології входить дослідження структури та властивостей популяцій, взаємодій між популяціями; екологія угруповань (біоценологія) вивчає закономірності організації угруповань і біогеоценозів (екосистем).

Сукупність усіх біогеоценозів на планеті утворює біосферу — оболонку Землі, склад і структура якої визначаються діяльністю живих організмів. Вчення про біосферу було значною мірою розроблене видатним українським ученим В. І. Вернадським. Великий вплив на роботи Вернадського зробили праці В. В. Докучаєва — засновника ґрунтознавства.

ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ

Екологічні чинники

Організми схильні до впливу різних чинників середовища — екологічних чинників, які за своєю природою можуть бути абіотичними, біотичними й антропогенними.

Абіотичні чинники

Під абіотичними розуміють чинники неживої природи — фізичні та хімічні умови середовища, що обмежують чисельність і поширення видів. До них відносять температуру, вологість, світло, переміщення повітряних мас (вітер), течію і солоність води, опади, сніжний покрив, магнітне поле Землі тощо.

Температура. На Землі діапазон коливання температури складає від $-88\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+58\text{ }^{\circ}\text{C}$. Із пониженням температури швидкість усіх біохімічних процесів знижується, оскільки зменшується кінетична енергія молекул, що беруть участь у реакціях. Водночас надмірне підвищення температури може приводити до денатурації структурних білків і ферментів.

У процесі еволюції в кожного виду тварин, рослин і мікроорганізмів виникли пристосування до високих і низьких температур. Багато комах з настанням холодів ховаються в ґрунт, під кору дерев, деякі тварини впадають у зимову сплячку. Холоднокровні (пойкілотермні) тварини, які не мають системи активної терморегуляції (серед хребетних до них належать риби, амфібії, плазуни), погано переносять коливання зовнішньої температури, тому їх ареали на суходолі обмежені. Теплокровні (гомойотермні) тварини, які мають систему активної терморегуляції (птахи та ссавці), менше залежать від навколишнього середовища і часто переживають несприятливі умови в активному стані. Багато гризунів (соні, бабаки) інтенсивно поглинають їжу в літній і осінній час, а на зиму впадають у зимову сплячку.

Пристосування, які оберігають від перегріву в спекотну пору року, виражаються в посиленому

випаровуванні води через продихи у рослин, через дихальну систему та шкірні покриви у тварин. Тварини пустелі пристосувалися витримувати спеку за допомогою літньої сплячки. Деякі тварини (інфузорії, коловертки, кліщі) можуть декілька років перебувати в стані анабіозу — оборотної зупинки життєвих процесів, викликаної глибоким охолодженням або зневодненням.

Вологість. Для тварин, що мешкають у посушливих районах, характерне накопичення жиру — джерела метаболічної води. Наприклад, у верблюда є жировий горб на спині, у бабака Мензбіра — товстий підшкірний шар жиру, у жука пустельного чорниша — масивні жирові тіла в порожнині тіла.

Рослини залежно від вологості їх середовища існування поділяють на декілька екологічних груп. Ксерофіти — рослини, що ростуть у посушливих районах. У таких рослин листки часто дрібні, видозмінені (кактуси), зі щільною кутикулою, іноді опушені або ж, навпаки, м'ясисті, запасуючі вологу в сезон дощів. Продихи занурені в поглиблення листка, що зменшує випаровування води (алоє). Корені, як правило, дуже довгі, досягають ґрунтових вод (верблюжа колючка). Мезофіти — рослини помірно зволених районів. Переважають у помірних поясах (конюшина, тимофіївка, конвалія, кислиця). Одним із пристосувань проти втрати води у рослин цієї групи є сезонне опадання листків (листопад). Гігрофіти — рослини, що існують в умовах підвищеної вологості (тропічні ліси, болота). Гідрофіти — рослини, пристосовані до існування у водному середовищі. Зазвичай мають надводну та підводну частини (очерет, тростина) або цілком занурені у воду (елодея, валіснерія). У ґрунті водойми вони утворюють кореневища з численними додатковими коренями. Часто є система добре розвинених міжклітинних просторів, крізь які забезпечуються киснем ті частини, які занурені у воду та ґрунт.

Світло. Світло необхідне для життя як джерело енергії, без якої неможливий фотосинтез. Рослини мають пристосування, що дозволяють уловлювати оптимальну кількість світла. За відношенням до світла виділяють світлолюбні рослини, що ростуть на відкритих місцях, тіньовитривалі, що добре ростуть за цілковитої освітленості, але й адаптуються до слабкого освітлення, і тіньолюбні, які не переносять надмірного освітлення.

Істотну роль у житті живих організмів відіграють добова періодичність зміни дня і ночі, сезонна періодичність довжини світлового дня. Ритми освітленості зумовлюють різну активність тварин у денний і нічний час доби, а також сезонні явища: навесні підготовку до розмноження, восени — до зимової сплячки, линьки.

Здатність організмів реагувати на співвідношення тривалості періодів освітленості та темряви протягом доби називають фотоперіодизмом.

Солоність. Солоність води є потужним абіотичним чинником, що обмежує поширення живих організмів. Багато прісноводних риб, найпростіших навіть за незначного підвищення концентрації солей у воді гинуть від зневоднення. Навпаки, деякі морські тварини (наприклад корали) дуже чутливі до опріснення і не зустрічаються в морях із низькою солоністю. Вугор, тихоокеанський лосось пристосувалися до існування в солоних і прісних водах залежно від стадії життєвого циклу. Ці пристосування стосуються кровоносної, дихальної, видільної систем.

Біотичні чинники

Підбіотичними чинниками середовища розуміють взаємний вплив живих організмів один на одного. Умовно біотичні чинники можна поділити на внутрішньовидові та міжвидові.

Внутрішньовидові чинники. Особини усередині виду дуже впливають одна на одну, що виявляється в боротьбі за територію, їжу, статевий партнер. Така внутрішньовидова конкуренція є внутрішньовидовим біотичним чинником.

Міжвидові чинники. У процесі еволюції в тваринному та рослинному світі сформувалися декілька типів міжвидових взаємин (конкуренція, хижацтво, паразитизм, коменсалізм тощо). Усі вони є міжвидовими біотичними чинниками.

Антропогенні чинники

За оцінками ООН в 2025 р. на Землі проживатиме близько 8,5 млрд осіб. Потреба людства в харчових і територіальних ресурсах дедалі зростає, що призводить до знищення тварин і рослин, витіснення їх із природного місця існування. Багато видів не витримують конкуренції з людиною і перебувають зараз на межі винищення. Зростання промислового виробництва веде до забруднення атмосфери та гідросфери, вирубування лісів і розорювання степів під сільськогосподарські угіддя. Із середини ХХ ст. почала швидко зростати кількість різноманітних синтетичних речовин, які викидаються в навколишнє середовище.

Дія чинників середовища

Відносно будь-якого чинника середовища вид має діапазон стійкості (толерантності). Якщо інтенсивність якого-небудь чинника виходить за межі толерантності, особини виду гинуть. Біологічним оптимумом називають такі умови, до яких особини виду виявляються найбільш пристосованими.

Чинник, що сильніше за інші впливає на живання, називають обмежувальним (лімітуючим). Лімітуючими чинниками можуть виступати температура, тиск, солоність води, хижаки тощо.

Поняття «вид» і «популяція»

Вид

Вид — сукупність особин, що мають спадкову подібність морфологічних, фізіологічних і біохімічних особливостей, вільно схрещуються і дають плідне потомство, пристосоване до певних умов життя. Область поширення виду називається ареалом.

Критерії виду:

- 1) морфологічний — заснований на подібності зовнішньої будови особин виду;
- 2) фізіолого-біохімічний — враховує особливості метаболічних, імунних реакцій і фізіологічних процесів в особин різних видів;
- 3) генетичний — базується на видовій індивідуальності кількості та розподілу генетичного матеріалу, активності певних генів;
- 4) еколого-географічний — характеризує екологічні, територіальні та кліматичні особливості поширення видів.

Тільки у разі збігу всіх критеріїв особини безпомилково можна віднести до одного виду.

Популяція

Структурною одиницею виду є популяція — група особин одного виду, що тривалий час живуть на певній території і вільно схрещуються між собою. Популяції є одиницями мікроеволюції. У популяційній екології існує поняття динаміки чисельності популяції, яке відбиває зміну кількості особин у популяції. Під щільністю популяції розуміють кількість особин, що припадає на одиницю площі (або об'єму) зайнятої території. Абсолютна народжуваність характеризує кількість особин, що з'явилися в популяції за одиницю часу, тоді як смертність описує швидкість зменшення чисельності популяції унаслідок загибелі особин.

УГРУПОВАННЯ Й ЕКОСИСТЕМИ

Угруповання, або біоценоз, — угруповання живих організмів, що характеризується певним видовим складом і вступає між собою в складні взаємовідношення.

Простір, який займає біоценоз, називається біотопом. Біотоп є більш-менш обмеженою територією (лука, яр), що має достатні для підтримки життя ресурси.

Екосистема, або біогеоценоз, складається з біоценозу й відповідного біотопу. Більшість біогеоценозів склалися у процесі тривалої еволюції і є результатом пристосування видів до навколишнього середовища.

Біогеоценози характеризуються рядом показників. Видова різноманітність — кількість видів у біогеоценозі. Біомаса — загальна суха маса органічної речовини або кількість енергії всієї сукупності особин, яка міститься в ній. Біологічна продуктивність — швидкість продукування біомаси. Найважливішою характеристикою біогеоценозів є здатність до саморегуляції — підтримки сталості видового складу та чисельності організмів у мінливих умовах середовища.

В екології часто використовується термін біом, що позначає велику екосистему, яка характеризується яким-небудь основним типом рослинності, особливостями ландшафту тощо.

Потік речовини й енергії в біогеоценозах

У середині екосистеми органічні речовини утворюються автотрофами та слугують їжею для гетеротрофів. Рослини поїдаються тваринами, які у свою чергу можуть поїдатись іншими тваринами. Таким чином відбувається перенесення енергії через ряд організмів — кожний подальший харчується попереднім, споживаючи матеріал і енергію для процесів синтезу. Така послідовність називається харчовим ланцюгом, а кожна його ланка — харчовим рівнем. Перший харчовий рівень займають автотрофи, або продуценти. Організми другого харчового рівня, що харчуються автотрофами, називаються первинними консументами, третього — вторинними консументами і т. д. Замикають будь-який харчовий ланцюг редуценти — організми, що харчуються мертвими органічними залишками (бактерії, гриби, дощові черви) і руйнують їх до простих неорганічних сполук, які потім використовуються продуцентами.

У харчових ланцюгів рідко буває більше шести харчових рівнів. Обмеженість числа харчових рівнів пояснюється втратою енергії: до кожного подальшого рівня доходить 5—10 % енергії попереднього. Тому число організмів від нижніх до верхніх харчових рівнів зменшується. Так, у діброві на 1 га припадає 40—60 комахоїдних птахів і лише один хижий.

Потік енергії та речовини в харчових ланцюгах описується правилом екологічної піраміди:

маса кожної наступної ланки харчового ланцюга зменшується в 5—10 разів порівняно з попередньою ланкою.



I — перший трофічний рівень; II — другий трофічний рівень; III — третій трофічний рівень; IV — четвертий трофічний рівень.

Взаємозв'язки організмів у біогеоценозах

Види, що входять до складу біогеоценозу, можуть вступати один з одним у такі взаємовідношення: конкуренцію, хижацтво, паразитизм, мутуалізм (симбіоз), коменсалізм.

Конкуренція — відношення суперництва між організмами, що використовують одні й ті ж ресурси (їжу, територію, світло тощо). Розрізняють внутрішньовидову і міжвидову конкуренцію.

Внутрішньовидова конкуренція виникає між особинами одного виду. Яскравим її прикладом може бути доля личинок падальної мухи, що живуть у трупах тварин. Мухи, які знайшли падаль першими, відкладають там яйця, і більша частина личинок, що вилуплюються, забезпечена їжею в кількості, достатній для досягнення зрілості. Проте личинкам, які вилуплюються з яєць, відкладених пізніше, може не вистачити їжі, і вони загинуть.

У процесі еволюції в організмів виробилися пристосування, що зменшують конкуренцію. Наприклад, у самців і самок деяких видів птахів дзьоб має неоднакову довжину, що дає їм можливість харчуватися різними комахами.

Міжвидова конкуренція виникає між особинами різних видів. Вона виявляється у двох формах: 1) використання різними видами одних ресурсів; 2) безпосереднє придушення одного виду іншим, який з ним конкурує. Прикладом першої форми може бути пасивна, або неагресивна, конкуренція за обмежені ресурси ґрунтової вологи між групами різних видів кущів у пустелі. Прикладом другої є конкуренція між різними видами рослин в угрупованні. Більшість рослин виділяють у навколишнє середовище біологічно активні речовини (алкалоїди, ефірні олії, ферменти), що затримують ріст, перешкоджають проростанню насіння рослин інших видів.

Хижацтво та паразитизм. Хижацтво — тип міжвидових взаємовідношень, за яких жертва убивається хижаком під час нападу, щоб бути використаною ним у їжу. У цьому випадку систематичні відмінності між хижаком і жертвою не мають складати дуже велике число таксонів. Роль хижака у біогеоценозах величезна. Вони підтримують чисельність популяцій жертв на певному рівні і можуть сприяти збільшенню видової різноманітності.

Паразитизм — особлива група біологічних зв'язків, за яких одні організми використовують інші як місця існування і джерела живлення, покладаючи при цьому (частково або повністю) на своїх хазяїв завдання регуляції своїх взаємовідношень із зовнішнім середовищем. У паразитичних організмів відзначається тенденція до регресу травної, нервової, дихальної й кровоносної систем, органів чуттів. Значного розвитку дістають статева система й органи прикріплення до тканин або покривів хазяїна.

Паразити поділяються на тимчасових, які відвідують хазяїна тільки на певній стадії життєвого циклу (кліщі), і постійних, що живуть у тілі або на покривах хазяїна (хазяїв) усе життя (воші, аскарида, гострик). Розрізняють також факультативних і облігатних (обов'язкових) паразитів. Перші зустрічаються у вільноживучому стані, але за певних умов можуть переходити до паразитизму (дизентерійна амеба). Другі постійно або в певний період життєвого циклу мають живитися за рахунок хазяїна. Тимчасові паразити є облігатними, оскільки не можуть існувати незалежно від хазяїна все життя.

Паразити відрізняються від хижаків вищою специфічністю у виборі хазяїна, тобто у край вузькими екологічними нішами. Ектопаразити, як правило, вражають лише певні види тварин, причому іноді зустрічаються лише на окремих ділянках їхнього тіла.

Коменсалізм (нахлібництво) — форма взаємодії, за якої один організм використовує частину ресурсів або місце існування іншого організму, не завдаючи останньому шкоди, але й не приносячи користі. Так, деякі види креветок поселяються парами (самець і самка) у скляних губках «Венериних кошиках». Вони потрапляють у губку ще личинками, підростають, перетворюються на дорослі особини і вже не можуть вибратися назад. Губка, перекачуючи воду, забезпечує креветок необхідними поживними речовинами і киснем, захищає їх від ворогів. Сама ж губка, мабуть, не отримує від співмешканців ніякої користі.

Мутуалізм (симбіоз) — взаємовигідні міжвидові взаємозв'язки. Класичним прикладом є симбіоз раків-самітників (під цією назвою об'єднуються до 400 видів ракоподібних) з актиніями. Рак перебуває під захистом жалких клітин актинії, тоді як його рухливість допомагає

актинії добувати їжу. У цих взаємовідношеннях можна виділити декілька етапів посилення зв'язку між партнерами.

Симбіотичні бактерії кишкового тракту людини (кишкові симбіонти) виробляють вітаміни й амінокислоти. Деякі з них синтезують амінокислоти із сечовини й аміаку, на що тварини не здатні. Це джерело амінокислот особливо важливе, якщо їжа містить мало білків. Так звана мікрофлора людини включає декілька видів стафілококів, які містяться на шкірі та в ніздрях, а також кишкову паличку *Escherichia coli*.

Екологічна ніша

Спроба описати відношення між видами, що населяють екосистему, привела до появи терміна «екологічна ніша». Екологічна ніша — комплекс чинників, необхідних для існування виду. Поняття екологічної ніші включає чинники живої та неживої природи, а також зв'язки виду з іншими видами угруповань. Ніша, яка займається видом, визначає його поширення і роль в екосистемі. Ніші перекриваються, якщо на один і той самий ресурс одночасно претендують популяції двох або більше видів. Перекриття ніш приводить до конкуренції між видами, яка обмежує число особин у популяціях. Згідно з концепцією екологічної ніші два види, що потребують ідентичних ресурсів, не можуть існувати в одному й тому ж місці в один і той же час. У процесі еволюції види пристосувалися до розділення екологічних ніш у просторі, часі, за ресурсами.

Зміна біогеоценозів

Біогеоценози розвиваються й еволюціонують. Вони змінюються в певному напрямі — від менш стійких до стійкіших, тобто таких, у яких колообіг речовин повніший і збалансованіший.

Послідовну зміну з часом одних біогеоценозів іншими називають сукцесією. Прикладом зміни біогеоценозу може бути заростання водойми:

- 1) застій води викликає нестачу кисню на глибині та накопичення не цілком окиснених продуктів;
- 2) на дні відбувається накопичення дрібнозернистого мулу (із залишків планктону);
- 3) утворюється торф (із залишків рослин прибережної зони);
- 4) відбувається обміління водойми.

Інший приклад сукцесії — відновлення біогеоценозу ялиника після пожежі. Ялина не росте на пожарищі, оскільки на відкритому просторі заморозки ушкоджують сходи. Тому в перші роки розвиваються трав'янисті рослини й лише пізніше — береза, осика або сосна. Під захистом дерев з'являються тіньові сходи ялини. Досягнувши верхнього ярусу, ялина витісняє листяні дерева приблизно через 100 років після пожежі.

Штучні біогеоценози (агроценози)

Агроценоз — екосистема, структуру та функцію якої підтримує людина у своїх інтересах (поля пшениці, сади, городи).

БІОСФЕРА, ЇЇ СТРУКТУРА ТА ФУНКЦІЇ

Структура та властивості біосфери

Біосфера — оболонка Землі, у межах якої існує життя. Біосфера об'єднує тропосферу, гідросферу та верхні шари літосфери.

Живі організми населяють нижній шар атмосфери — тропосферу. На висоті близько 20 км під дією ультрафіолетового проміння кисень перетворюється на озон. Останній розміщується у вигляді озонового екрану, який не пропускає основну частину космічних і ультрафіолетових променів, що у великих дозах згубно діють на живі організми. Найстійкіші до несприятливих умов спори бактерій і грибів рухом повітряних потоків можуть бути занесені на висоту близько 20 км, проте зберігають життєздатність; вище вони гинуть у результаті інтенсивного ультрафіолетового випромінювання Сонця.

Води океанів, морів, річок і озер, які займають близько 70 % земної кулі й утворюють гідросферу, практично повсюдно заселені різноманітними рослинами та тваринами, аж до максимальних глибин — 11 км.

Життя присутнє і у верхніх шарах літосфери — твердої оболонки Землі. Найпримітивніші організми — бактерії виявлені в товщі Землі на глибині 3 км, у зоні залягання нафти.

До складу біосфери входять такі компоненти:

- 1) жива речовина, тобто самі живі організми;
- 2) біогенна речовина, що утворюється в процесі життєдіяльності живих організмів;
- 3) інертна речовина, що утворюється без участі живих організмів, — базальт, граніт тощо;
- 4) біоінертна речовина — результат взаємодії живих організмів з інертною речовиною, наприклад з речовиною літосфери.

До біогенних речовин відносять:

- 1) кисень і вуглекислий газ атмосфери, які утворилися за рахунок фотосинтезу, дихання та руйнування загиблих рослин і тварин;

- 2) кам'яне вугілля і торф, що виникли в результаті мінералізації стародавніх або сучасних рослин;
- 3) вапняк, що утворився з черепашок, скелетів водних тварин та інших викопних залишків.

Функції живої речовини

Жива речовина біосфери безпосередньо впливає на формування вигляду Землі, виконуючи ряд важливих функцій.

Газова функція — утворення атмосфери, до складу якої входять кисень, що виділяється зеленими рослинами внаслідок фотосинтезу (20,9 %), і карбон діоксид (0,03 %), що утворюється внаслідок дихання живих організмів, бродіння та гниття органічних решток. Основний компонент атмосфери — азот (69 %) залучається до біотичного кругообігу завдяки діяльності азотфіксуючих бактерій.

Концентраційна функція — поглинання й акумуляція живими організмами хімічних елементів, розсіяних у навколишньому середовищі. Рослини акумулюють під час фотосинтезу елементи з ґрунту (К, Р, Н, N та ін.) та повітря (С), включаючи їх до складу органічних речовин, з яких складаються живі клітини.

Окисно-відновна функція — перетворення хімічних елементів зі змінною валентністю (Fe, S, Mn, N та ін.), наприклад, у процесі хемосинтезу ґрунтових бактерій. У результаті діяльності цих бактерій утворюються H_2S , деякі види залізняку, оксиди Нітрогену.

Основні властивості біосфери:

- 1) безперервність розвитку органічного світу;
- 2) мозаїчність будови (біосфера складається з окремих екосистем);
- 3) швидке відновлення живої речовини;
- 4) кругообіг хімічних елементів, що входять до складу живих організмів.

Кругообіг речовин і енергії в біосфері

Біотичний кругообіг хімічних елементів — це постійна циркуляція речовин між ґрунтом, гідросферою, атмосферою та живими організмами. Він відбувається за участю всіх живих організмів, які населяють Землю. Завдяки кругообігу можливе існування та розвиток життя за обмеженого запасу речовин, необхідних для забезпечення життєдіяльності.

Головним джерелом енергії, що забезпечує кругообіг речовин на Землі, є Сонце. Близько 0,1—0,2 % сонячної енергії, що досягла поверхні Землі, використовується рослинами в процесі фотосинтезу. Ця енергія дуже мала порівняно з тією, яка йде на випаровування води або нагрівання

земної поверхні, але робота з переміщення хімічних елементів, яка здійснюється завдяки їй, величезна. За рахунок енергії Сонця рослини щорічно утворюють 10^{11} т органічних речовин, перетворюють 18×10^{17} кДж енергії Сонця на енергію хімічних зв'язків, поглинають 17×10^{11} т вуглекислого газу, виділяють $11,5 \times 10^{10}$ т кисню та випаровують 16×10^{12} т води.

Кругообіг карбону

Єдиним джерелом вуглецю, який використовується автотрофними організмами для синтезу органічної речовини, є вуглекислий газ CO_2 , що входить до складу атмосфери або розчинений у воді. У процесі фотосинтезу CO_2 засвоюється зеленими рослинами — продуцентами, перетворюється на органічні речовини (вуглеводи, білки, ліпіди, нуклеїнові кислоти), які переходять по ланках ланцюгів живлення до консументів і редуцентів. Повернення CO_2 в атмосферу відбувається внаслідок дихання, бродіння та спалювання палива.

Кругообіг Нітрогену

Основними формами Нітрогену на Землі є газоподібний молекулярний азот атмосфери та зв'язаний азот літосфери. В атмосфері запаси молекулярного азоту (N_2) оцінюються величиною 4×10^{15} т. Такий азот не засвоюється вищими рослинами, але може переходити в доступну для них форму завдяки діяльності азотфіксуючих бактерій (*Rhizobium*, *Azotobacter*). Ці бактерії вступають з рослинами (переважно з родини бобових) у симбіотичні зв'язки. Рослини поставляють бактеріям поживні речовини, а бактерії фіксують атмосферний азот N_2 , переводять його в розчинну форму, яка поглинається коренями. Дуже незначна частина газоподібного азоту може перетворюватися на катіони амонію або нітриту у результаті електричних розрядів в атмосфері та потрапляти в ґрунт з атмосферними опадами.

Лише невелика частина літосферного нітрогену зосереджена в ґрунті та доступна рослинам. Цей нітроген представлений йонами амонію та нітратами. Органічний нітроген рослинних і тваринних решток (основна частина ґрунтового азоту) не може поглинатися коренями рослин і повинен бути заздалегідь перетворений на форму NH_4^+ . Такі реакції здійснюються амоніфікуючими бактеріями. У цьому випадку нітроген органічних сполук спочатку перетворюється на амоніак (NH_3), далі нітрифікуючими бактеріями — на нітриту (NO_2^-) та нітрата (NO_3^-).

Нітроген, поглинений рослинами у складі розчинних солей, включається у структуру амінокислот, нуклеотидів, коферментів, хлорофілу й інших сполук. Із тканин рослин у складі нітрогенвмісних

органічних сполук азот потрапляє в організм тварин. Під час розпаду білків і амінокислот він виводиться у вигляді сечовини, сечової кислоти або амоніаку.

Кругообіг фосфору

Основні запаси фосфору містяться в гірських породах, які поступово віддають свої фосфати наземним біогеоценозам. Фосфати споживаються рослинами (продуцентами) й використовуються ними для синтезу органічних речовин. В організм первинних консументів фосфоровмісні сполуки (АТФ, фосфатна кислота, нуклеїнові кислоти, фосфоліпіди) потрапляють із тканин рослин. Вторинні консументи отримують фосфор унаслідок поїдання первинних. Унаслідок розкладу мертвих організмів бактеріями (редуцентами) фосфати повертаються в ґрунт і знову використовуються рослинами.

Кругообіг Сульфуру

Сульфур залягає у вигляді руди на суходолі та в глибоководних відкладеннях. У доступну для засвоєння рослинами форму (сульфати) сульфур переводять бактерії, що використовують енергію окиснення сульфуровмісних сполук для синтезу АТФ. У рослині сульфур сульфатів включається до складу амінокислот (цистеїн, метіонін), ацетил-КоА, вітамінів — біотину (вітамін Н), тіаміну (вітамін В₁). В організм тварин сульфур потрапляє з тканинами рослин у вигляді сульфатів і у складі сульфуровмісних органічних речовин. Органічний сульфур з рослинними та тваринними рештками потрапляє в ґрунт і водою й завдяки діяльності редукентів перетворюється на сірководень (H₂S). Велика частина сірководню окиснюється бактеріями до вільної сірки та сульфатів. Останні накопичуються у ґрунті та знову поглинаються рослинами.

ЕВОЛЮЦІЯ ОРГАНІЧНОГО СВІТУ

Еволюційне вчення — це наука, яка вивчає причини та механізми історичного розвитку живих організмів.

Еволюційне вчення є теоретичною основою біології й узагальнює дані інших біологічних дисциплін. Термін «еволюція» вперше був ужитий М. Хейлом у 1677 р. для позначення індивідуального й історичного розвитку організмів, у зв'язку з чим його іноді використовують як синонім терміна «філогенез». Здебільшого під еволюцією розуміють необоротні зміни живого. Ці зміни спрямовані на виникнення адаптацій організмів до умов існування. У цьому розділі обговорюються причини, рушійні сили та механізми еволюції.

ЕВОЛЮЦІЙНЕ ВЧЕННЯ

Історія розвитку еволюційних ідей

Еволюційні уявлення до Ч. Дарвіна

Традиційний історичний опис додарвінівського періоду розвитку еволюційного вчення починають з імені шведського природодослідника Карла

Ліннея. Проте сам Лінней не припускав існування процесу історичного перетворення живого. Він вважав усі живі організми постійними та незмінними, тобто такими, якими вони були створені Творцем. Лінней увійшов до науки як створювач класифікації рослинного та тваринного світу.

Лінней запропонував також спосіб опису приналежності того або іншого виду до певної таксономічної групи — бінарну (подвійну) номенклатуру. За його пропозицією вид почали називати двома словами, перше з яких визначає рід, а друге — вид. Усі видові назви даються латинською мовою. Після видової назви в скороченій формі зазначається прізвище автора, який дав назву. Наприклад, горобець польовий — *Passer montanus* L. (L. — Лінней). Бінарна номенклатура, запропонована Ліннеєм, виявилася настільки вдалою, що нею користуються й досі. Лінней описав і дав назви більш ніж 1 тис. раніше невідомих видів рослин і тварин, запровадив понад 100 наукових термінів (наприклад маточка й тичинка).

Французький зоолог Жан Батіст Ламарк у 1809 р. запропонував першу концепцію еволюції. Вона ґрунтувалася на двох головних передумовах: внутрішнє прагнення організмів до самовдосконалення, закладене Творцем, і успадкування набутих ознак. Учений вважав, що вся різноманітність видів на Землі з'явилася завдяки

тому, що Творцем були створені найпростіші одноклітинні організми й задана їх подальша градація (розвиток шляхом ускладнення). Пристосування видів до навколишніх умов є результатом діяльності або бездіяльності органів. На думку Ламарка, довгі шия та ноги жирафа — наслідок того, що багато поколінь його короткошиїх і коротконогих предків харчувалися листям дерев, за яким доводилося тягнутися все вище та вище. Незначне подовження шиї та ніг, що відбувається в кожному поколінні, передавалося спадково, поки довжина цих частин тіла не досягла сучасної. Таким чином, в основі виникнення нового виду, за Ламарком, лежать такі механізми:

— під дією зовнішнього середовища відбуваються корисні для організму зміни;

— ці зміни успадковуються нащадками;

— діяльність або бездіяльність органів прискорює процес видоутворення.

Теорія Ламарка підготувала ґрунт для сучасної еволюційної теорії, але його погляди на механізми мінливості не дістали широкого визнання. Було виявлено, що умови зовнішнього середовища впливають на фенотип, не зачіпаючи генотипу.

Чарлз Дарвін і його еволюційне вчення

Англійський дослідник Чарлз Дарвін, з ім'ям якого пов'язаний переворот у біології, у 1831 р. вирушив як натураліст на військовому кораблі «Бігль» у навколосвітню подорож уздовж берегів Південної Америки, Нової Зеландії, Південної Африки. Подорожуючи, Дарвін велику частину часу займався геологічними дослідженнями, але під час п'ятитижневого перебування на Галапагоських островах увагу молодого вченого привернула подібність між флорою і фауною цих островів і материка. Зібрані ним численні дані про мінливість організмів переконали його в тому, що види не можна вважати незмінними. Повернувшись до Англії, Дарвін розпочав вивчення практики розведення голубів і свійських тварин, що привело до створення концепції штучного добору. Проте він все ще не уявляв собі, як діє добір у природних умовах.

У 1859 р. Дарвін опублікував книгу «Походження видів шляхом природного добору». Усі 1250 примірників її були продані першого ж дня.

Згодом погляди Дарвіна були підтверджені й доповнені фактами з галузі генетики, біохімії, молекулярної біології. Великий внесок у розвиток еволюційної теорії зробили М. І. Вавилов, Ф. Г. Добржанський, Дж. Гекслі, Н. В. Тимофеев-Ресовський, С. С. Четвериков, С. Райт, О. М. Северцов, І. І. Шмальгаузен та інші вчені. Сучасні погляди на походження і розвиток життя на землі дістали назву синтетичної теорії еволюції.

Основні положення еволюційної теорії

Основні положення еволюційної теорії

- 1) Умови зовнішнього середовища викликають зміну організмів, але ці зміни (модифікації) не успадковуються і не відіграють важливої ролі в еволюції.
- 2) Випадкові, неспрямовані зміни в окремих особин (мутації) можуть передаватися спадково, якщо вони відбуваються у статевих клітинах. Саме такі зміни важливі для еволюції.
- 3) Усі успадковані зміни відносні, тобто за одних умов вони можуть бути корисними, за інших — шкідливими або нейтральними. Якщо за даних умов вони виявляються корисними, то організми з такими змінами виживають і дають потомство.

Головні рушійні сили еволюції:

— боротьба за існування;

— природний добір на основі спадкової мінливості.

Основні чинники еволюції:

— спадкова мінливість;

— штучний добір;

— ізоляція;

— популяційні хвилі;

— дрейф генів.

Результати еволюції:

— відносна пристосованість видів;

— ускладнення організації;

— видоутворення.

Боротьба за існування

Боротьба за існування — це активна або пасивна конкуренція між організмами, що виникає через невідповідність між здатністю видів до необмеженого розмноження й обмеженістю природних ресурсів. Розрізняють такі види боротьби за існування: внутрішньовидова, міжвидова, боротьба з несприятливими умовами середовища. Внутрішньовидова боротьба викликається однаковою у всіх особин даного виду потребою в їжі, території та інших ресурсах. Міжвидова боротьба виникає між особинами різних видів, що використовують одні й ті самі харчові ресурси, територію. Боротьба з несприятливими умовами середовища полягає у виживанні організмів за постійної дії абіотичних чинників середовища — повеней, посух, морозів, приливів і відливів, штормів, заболочування, сніжних лавин, селів, пожеж тощо.

Результатом боротьби за існування є виживання найбільш пристосованих і їхнє розмноження. Слабкі особини гинуть або не народжують потомства, їх гени елімінують. У процесі боротьби за існування

відбувається природний добір — вибірне знищення одних особин і вибірне виживання інших.

Природний добір

Природний добір — процес, у результаті якого найбільш пристосовані організми виживають і розмножуються, а менш пристосовані — гинуть і не залишають потомства.

Природний добір — це єдиний чинник еволюції, що здійснює спрямовану зміну генотипного складу популяцій. Виділяють три типи добору — рушійний, стабілізуючий і дизруптивний (розриваючий).

Рушійний добір викликає односпрямовані зміни генетичного складу популяції. Він спостерігається у тих випадках, коли популяція пристосовується до нового середовища. Прикладом спрямованого добору є зміна забарвлення крил у метелика п'ядуна березового. У промислових районах Англії частіше зустрічаються темно-забарвлені метелики, тоді як у сільській місцевості переважають світлозабарвлені. У сільській місцевості темні форми швидко знищуються птахами, оскільки вони помітно виділяються на тлі світлої кори дерев, а в містах темні форми майже непомітні на посірілій від промислового пилу корі. Це явище дістало назву індустріального меланізму (інтенсивність забарвлення лусок крил метеликів визначається пігментом меланіном).

Стабілізуючий добір не сприяє еволюційним змінам і з покоління в покоління підтримує фенотипну стабільність популяції. Якщо популяція добре пристосована до стабільного середовища, то добір зводиться до елімінації мутантних особин, які дуже відхиляються від норми.

Дизруптивний (розриваючий) добір спрямований проти особин із середнім і проміжним характером ознак, тобто веде до стабілізації крайніх форм і встановлення поліморфізму в популяції. Популяція в цьому випадку підрозділяється за даною ознакою на декілька груп.

Мінливість

Мінливість — властивість живих організмів існувати в різних формах.

Неспадкова (модифікаційна) мінливість — це зміни фенотипу організмів, які відповідають характеру дії навколишнього середовища і не передаються нащадкам. Так, рослини, що ростуть за нормальної вологості, мають більшу вегетативну масу, ніж рослини того ж виду, які перебувають в умовах нестачі води. Ці фенотипні відмінності не пов'язані зі зміною генів і не успадковуються.

Спадкова мінливість пов'язана зі зміною генетичного матеріалу. Вона є головною умовою здатності організмів до еволюційного розвитку. Спадкова мінливість може бути комбінативною (пов'язана з особливостями статевого розмноження — кросинговером і незалежним розходженням хромосом у мейозі) і мутаційною (зумовлена різними типами мутацій).

Відносна пристосованість видів

Результатом дії рушійних сил еволюції є відносна пристосованість видів до умов навколишнього середовища. До поняття «пристосованість» входять забарвлення, форма тіла, поведінка, особливості фізіологічних і біохімічних процесів тощо.

Одним із найяскравіших прикладів пристосованості є захисне забарвлення, що робить тварину подібною до навколишніх предметів. Так, біла куріпка, що мешкає у північних районах Росії, взимку має біле оперення, а влітку — строкате; це робить її непомітною серед навколишнього ландшафту. Деякі тварини можуть змінювати забарвлення тіла під колір місцевості, наприклад хамелеони та восьминоги. Різновид захисного забарвлення — смугасте, як у тигра і зебри. Чергування різнокольорових вертикальних смуг розбиває обриси тварини на тлі навколишнього пейзажу й інших особин стада.

Деякі тварини мають не тільки захисне забарвлення, але й маскувальну форму тіла. Класичним прикладом є морський коник — листкоподібний морський дракон, що мешкає в Саргасовому морі, тіло якого за формою і кольором подібне до водоростей. Орхідейний богомол усе життя проводить серед білих квітів орхідей. Його тіло абсолютно біле, має форму пелюстки, і лише верхня частина черевця несе зелену смугу, наслідуючи чашолисток. Камбала, вилупившись з ікринки, незабаром сплющується, втрачає плавальний міхур, опускається і лягає боком на дно, маскуючись під навколишній пейзаж.

Застережне (погрозливе) забарвлення попереджає хижаків, що його власник отруйний або неїстівний — наприклад, помітне, яскраве забарвлення сонечка. Деякі беззахисні види мають забарвлення, подібне до такого у неспоріднених, але добре захищених і маючих застережне забарвлення видів. Таке наслідування називається мімікрією. Деякі мухи мають черевце з почерговими чорними та жовтими смугами, як у бджоли. Неотруйна змія симофіс наслідує коралового аспіда. Мімікрія ефективна тільки в тому випадку, якщо вид-імітатор значно поступається за чисельністю наслідуваному виду. Інакше у хижаків не виробляється стійкий умовний рефлекс уникнення на застережне забарвлення.

Дрейф генів

Дрейф генів — випадкові, неспрямовані зміни частот алелів у популяції.

Роль дрейфу генів особливо зростає, коли чисельність популяції різко скорочується (у результаті катастроф, зміни середовища, популяційних хвиль). У цьому разі через випадковість у популяції можуть значно зрости або знизитися частоти тих або інших алелів. Через зростання частки близькоспоріднених схрещувань деякі алелі можуть повністю зникнути з популяції, а інші, навпаки, стати домінуючими.

Популяційні хвилі

Популяційні хвилі (коливання кількості особин, з яких складається популяція) — це чинник еволюції, що припускає невибірне, випадкове знищення особин, завдяки чому рідкісний генотип (алель) може стати звичайним і підхопитися природним добром.

Причини коливання чисельності популяцій:

- 1) періодичні (сезонні) коливання чисельності характерні для короткоживучих організмів — комах, найпростіших, однорічних рослин;
- 2) неперіодичні коливання чисельності залежать від складного поєднання ряду чинників — чисельності хижаків, великої кількості кормових ресурсів;
- 3) спалахи чисельності видів спостерігаються в нових для них районах, де відсутні їхні природні вороги (кролики в Австралії, хатні горобці в Північній Америці);
- 4) різкі коливання чисельності пов'язані з природними катастрофами (посухою, пожежами, повеннями тощо).

У популяції, що зазнала катастрофічного скорочення чисельності, частоти алелів будуть іншими, ніж у вихідній популяції. У цьому випадку деякі алелі, присутні в малих концентраціях, можуть зникнути з популяції, а концентрація інших алелів може випадково підвищитися у разі подальшого спалаху чисельності.

Штучний добір

Штучний добір — це здійснюваний людиною вибір і подальше розмноження організмів, що мають цінні господарські або декоративні ознаки та властивості (продуктивність, довжина шерсті, кількість молока, розмір плодів, кількість насіння тощо).

Виведені сорти рослин або породи тварин мають одну або декілька гіпертрофованих ознак, зумовлених надмірною активацією певних

генів. Такі організми не можуть вижити в дикій природі. Ч. Дарвін показав, що між природним і штучним добром сполучною ланкою є несвідомий добір як основна форма добору, який здійснюється людиною на перших ступенях її культурного розвитку.

Мікроеволюція і видоутворення

Мікроеволюція — еволюційні перетворення виду на рівні популяцій, які ведуть до внутрішньовидової дивергенції та видоутворення.

Мікроеволюційний процес починається з відносної ізоляції популяцій і поступової зміни їх генетичного складу за рахунок накопичення мутацій. Це приводить спочатку до дивергенції в результаті незалежної дії природного добору й інших чинників еволюції, а потім — до видоутворення.

Ізоляція

Будь-який чинник, який ускладнює схрещування між групами або організмами, називається ізолюючим механізмом. Ізоляція — широкий комплекс явищ, пов'язаних з різким обмеженням або повним припиненням схрещувань між представниками різних груп. Розрізняють первинну ізоляцію — процес, прямо не пов'язаний з дією природного добору, і вторинну, або репродуктивну, ізоляцію.

Первинна ізоляція умовно поділяється:

— на просторову (географічну) — групи споріднених організмів виявляються розділеними фізичною перешкодою, наприклад морем, гірським хребтом, річкою, пустелею;

— часову — розмноження у різних груп організмів, що мешкають на одній території, відбувається в різний час (удень/уночі, навесні/восени).

Вторинна ізоляція поділяється:

— на біологічну — представники різних видів відрізняються за будовою статевих органів, що перешкоджає міжвидовому схрещуванню (а якщо схрещування все ж таки відбулося — розвитку плідного потомства);

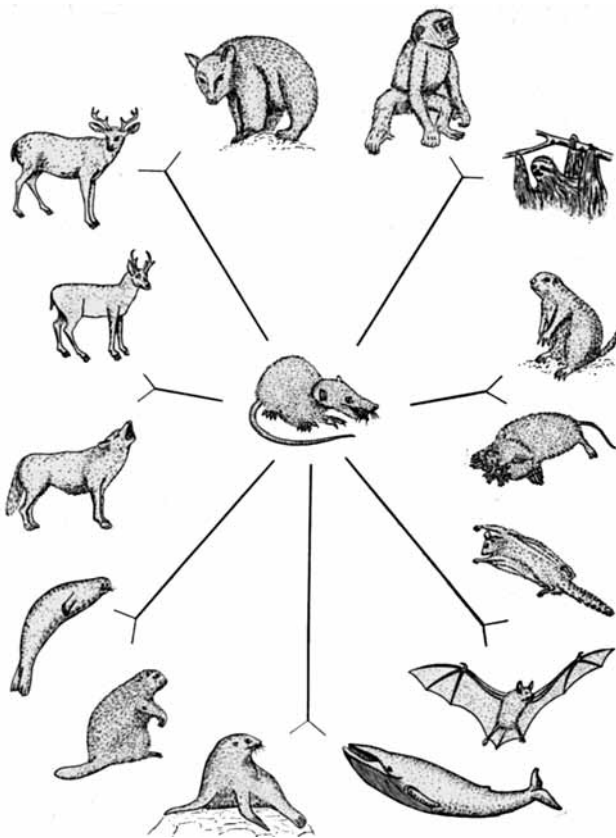
— етологічну — видоспецифічна статева поведінка (шлюбні танці, ритуали залицяння тощо).

Генофонд ізолюваних популяцій із часом змінюється. Накопичені мутації можуть торкатися генів, що кодують забарвлення, довжину кінцівок та інші ознаки, тож члени кожної популяції стають дедалі більше фенотипно різними. Такий процес приводить зрештою до утворення двох видів.

Дивергенція і конвергенція

Боротьба за існування, природний добір і ізоляція приводять до дивергенції (дивергентної еволюції) — розходження ознак організмів

порівняно з вихідною предковою формою. Еволюція, в результаті якої з однієї форми предка виникає безліч різноманітних форм, що займають різні житла, називається адаптивною радіацією. Адаптивна радіація спостерігається у тих випадках, коли група організмів потрапляє в нові житла, де у неї є шанси вижити. У результаті конкурентної боротьби за харчові ресурси і життєвий простір кожна група прагне поширитися й зайняти якомога більше доступних екологічних ніш. Вона вигідна тим, що дає можливість тваринам використовувати нові джерела їжі й уникати деяких ворогів. Класичним прикладом такого явища є еволюція плацентарних ссавців. Усі їхні сучасні форми утворилися від примітивного комахоїдного предка з п'ятьма пальцями на коротких ногах, що ступав на землю всією підшвою.



Адаптивна радіація ссавців

Якщо групи організмів адаптуються до подібних умов середовища, у них виникають риси, які мають поверхневу подібність. Розвиток подібних комплексів ознак у групах різного еволюційного походження називається конвергенцією (конвергентною еволюцією). Прикладом конвергенції є розвиток крил у літаючих плазунів, птахів і ссавців, а також комах. У дельфінів (клас Ссавці), вимерлих іхтіозаврів (клас Плазуни) і риб виникли обтічні контури тіла, плавці та ластоподібні кінцівки — ознаки, які надають цим тваринам зовнішню подібність.

Макроеволюція

Макроеволюція — еволюційні перетворення надвидового масштабу, що відбуваються на великих територіях протягом тривалих періодів часу, у результаті яких створюються великі систематичні групи — роди, родини, ряди. Макроеволюція відбувається на основі мікроеволюційних процесів.

Головні напрями еволюції

В еволюційному процесі можна виділити два основні напрями: біологічний прогрес і біологічний регрес.

Біологічний прогрес — збільшення чисельності таксону, розширення ареалу, зростання кількості дочірніх таксонів. Основними шляхами досягнення біологічного прогресу є ароморфоз, ідіоадаптація та дегенерація.

Ароморфоз — шлях еволюції, за якого ускладнення будови тіла та вдосконалення фізіологічних функцій істотно підвищують рівень організації еволюціонуючої групи. У результаті ароморфозів організми дістають якісно нові можливості для пристосування до умов зовнішнього середовища. Ароморфози є характерними особливостями великих таксонів. Прикладом можуть бути ароморфози, що дозволили ссавцям стати панівним класом: чотирикамерне серце, здатність підтримувати постійну температуру тіла, істинне живородіння, прогресивний розвиток переднього мозку. Для покритонасінних рослин ароморфозом є наявність репродуктивного органа — квітки й плоду, які сприяють поширенню насіння.

Ідіоадаптація — зміни приватного порядку, які є результатом пристосування до різних умов середовища, без підвищення рівня організації. Ідіоадаптації ведуть до збільшення видової різноманітності, швидкого зростання чисельності таксону. У результаті ідіоадаптацій виникли такі різноманітні ряди ссавців, як Рукокрилі, Хоботні, Китоподібні, Примати. Прикладом ідіоадаптацій покритонасінних рослин є суцвіття кошик (Складноцвіті), стебло соломина (Злаки), плід біб (Бобові). І дивергенція, і конвергенція здійснюються шляхом ідіоадаптації.

Дегенерація — спрощення рівня організації в результаті переходу до паразитичного або прикріпленого способу існування. Дегенерація пов'язана з крайньою спеціалізацією і часто супроводжується редукцією окремих органів і систем. Редукція дихальної, кровоносної та нервової систем у печінкового сисуна, котячого сисуна, бичачого цп'яка є результатом пристосування до ендопаразитизму. Предками перелічених видів були вільноживучі форми, подібні до молочно-білої планарії.

Біологічний регрес — зменшення чисельності таксону, звуження ареалу і зменшення кількості підлеглих систематичних груп. Як правило, зниження чисельності виду є наслідком нездатності адаптуватися до умов навколишнього середовища. Частіше регресу піддаються вузькоспеціалізовані види.

Докази еволюції

Теорію еволюції шляхом природного добору підтверджують дані багатьох наук — палеонтології, порівняльної анатомії та фізіології, ембріології, біохімії та біогеографії.

Дані палеонтології

Палеонтологія вивчає викопні залишки організмів. На основі палеонтологічного літопису можна описати живі організми, які існували мільйони років тому, й умови їхнього життя. Проте цей літопис неповний, у ньому бракує багатьох ланок — перехідних форм. Такі розриви нерідко використовуються як аргументи проти теорії утворення нового виду шляхом еволюційних змін. Поступово були знайдені деякі перехідні форми, наприклад археоптерикс (плазуни → птахи), циногнатус (плазуни → ссавці). Існує також думка, що проміжних форм не існувало, а новий вид виник раптово (стрибкоподібна еволюція).

Дані порівняльної анатомії

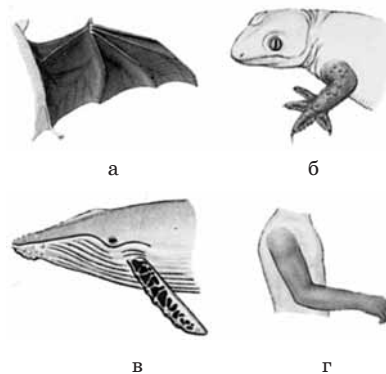
Порівняльна анатомія вивчає форму й будову окремих органів, а також їх еволюційні зміни. Під час порівняльного вивчення анатомічних особливостей окремих груп тварин або рослин між ними виявляється подібність. Наприклад, про єдність походження хребетних тварин свідчать такі ознаки.

Загальний план будови — двостороння симетрія, наявність порожнини тіла, спинного та головного мозку.

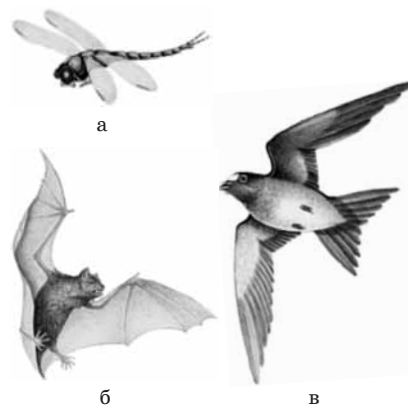
Гомологічні й аналогічні органи

Органи, які відповідають за будовою і походженням один одному, називаються гомологічними (лапа собаки, нога слона, ластоподібні кінцівки моржів, крило птаха). Органи, які мають загальні риси в будові та функціонуванні, але формуються у процесі ембріонального розвитку з різних клітинних елементів (мають різне походження), називають аналогічними. Наприклад, крило метелика (складка на другому сегменті грудей) — крило птаха (видозмінена кінцівка) — крило кажана (шкірна складка між передньою і задньою кінцівками). Гомологія може бути наслідком дивергенції, тоді як поява аналогічних органів свідчить про конвергентну еволюцію.

Рудименти — органи, які в процесі еволюції втратили своє первинне значення й перебувають на стадії зникнення. Третя повік в оці ссавців — рудимент третьої повіки плазунів; куприк у людини — рудиментарний залишок хвостового відділу хребта, розвиненого у його предків; недорозвинені очі у підземних тварин.



Гомологічні органи:
крило кажана (а),
нога ящірки (б),
плавець кита (в),
рука людини (г)



Аналогічні органи:
крила бабки (а),
кажана (б),
птаха (в)

Атавізми — прояв в окремих особин ознак, властивих далеким предковим видам (багатососковість, густий волосяний покрив у людини). Наявність атавізмів добре підкріплює уявлення про те, що у далеких предків ці ознаки були присутні, а в сучасних нащадків збереглися лише генетичні системи, здатні в окремих (патологічних) випадках до реактивації.

Дані порівняльної ембріології

Вивчення ембріонального розвитку організмів показало, що кожна особина в індивідуальному розвитку (онтогенезі) коротко та швидко повторює історію розвитку свого виду (філогенез). Наприклад, зародок хордових послідовно проходить стадії розвитку інших, еволюційно більш ранніх типів тварин: найпростіших, кишковопорожнинних, безчерепних. У людського зародка є зябра, пуголовки земноводних дуже нагадують риб, гусені метеликів і жуків подібні до кільчастих червів, зі спори моху спочатку з'являється зелена нитка, подібна до нитчастої водорості. Ця закономірність називається біогенетичним законом Мюллера — Геккеля.

Російський учений-еволюціоніст О. М. Се-верцов показав, що в результаті мутацій можуть: 1) випадати деякі стадії розвитку зародка; 2) виникати зміни органів зародка, яких не було у предків; 3) з'являтися нові ознаки.

Дані біогеографії

Біогеографія вивчає розподіл тварин і рослин на Землі. На нашій планеті існує декілька зоогеографічних зон: Палеарктична, Неоарктична, Індо-Малайзійська, Ефіопська, Австралійська, Неотропічна. Деякі з цих зон викликають особливий інтерес із погляду еволюції.

Пояснити особливості сучасного географічного розміщення тварин і рослин на Землі можна тільки за допомогою еволюційних уявлень. Що сильнішими були окремі ізольовані ділянки біосфери, то глибші наявні відмінності їхнього тваринного і рослинного світу. Яскравим прикладом може бути флора і фауна островів. Виявилось, що розподіл тварин і рослин на островах тим більше відрізняється від континентального, що раніше вони відокремилися від материка.

Дані порівняльної біохімії

Біохімічні дані є дуже зручним критерієм для визначення спорідненості еволюційних груп.

Чим більш подібною є структура ДНК тих чи інших організмів, тим у ближчій спорідненості вони перебувають. Те саме стосується будови деяких білків, первинна структура яких у багатьох організмів практично однакова. Прикладом може бути цитохром С — білок мітохондрій, який бере участь у перенесенні електронів по дихальному ланцюгу. У представників найрізноманітніших таксонів, від бактерій до людини, первинна послідовність амінокислот білка виявилася майже ідентичною. Подібні дані отримані внаслідок вивчення гемоглобіну та міоглобіну, що беруть участь у транспорті й накопиченні кисню.

ВИНИКНЕННЯ І РОЗВИТОК ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ

Походження життя

Існує декілька теорій походження життя на Землі. Найпоширеніші з них стверджують, що життя:

- було створене Богом (креаціонізм);
- виникло з неживої речовини (теорія мимовільного зародження);
- існувало завжди (теорія стаціонарного стану);

- занесене на нашу планету ззовні (теорія панспермії);
- з'явилося у результаті фізичних і хімічних процесів на Землі (теорія біохімічної еволюції).

Прихильники креаціонізму уявляють створення світу одноразовим актом, який не піддається спостереженню. У кожній релігії є своє уявлення про те, як і коли саме Бог створив життя.

У 1924 р. радянський академік О. І. Опарін, а в 1929 р. американський учений Дж. Холдейн висловили думку, що атмосфера первинної Землі була не такою, як тепер. Головними її особливостями були відновний характер і відсутність вільного кисню. У цих умовах під дією потужних електричних зарядів і сонячного випромінювання в атмосфері з амоніаку, метану та води могли утворюватися прості органічні сполуки.

У 1953 р. С. Міллер провів ряд експериментів, у яких відтворив умови первісної Землі. Йому вдалося довести можливість добування з амоніаку, метану, сірководню, вуглекислого газу та води величезного набору різних органічних сполук: вуглеводнів, сечовини, карбонових кислот, вуглеводів, амінокислот, альдегідів, пуринів і піримідинів. Обов'язкова умова перебігу всіх процесів синтезу — відсутність кисню.

Наступним кроком стало утворення великих полімерів з малих органічних мономерів. Стабільність полімерних молекул зростає зі збільшенням їхньої довжини, оскільки вони здатні скручуватися в глобули або інші, ще стійкіші структури. Серед полімерів у первинному океані Землі з'явилися білки, нуклеїнові кислоти, ліпіди, полісахариди й інші речовини.

Таким чином, за уявленнями Опаріна та Холдейна, можна виділити такі стадії біогенезу:

- 1) утворення абіогенним шляхом органічних молекул;
- 2) утворення полімерів — білків і нуклеїнових кислот;
- 3) утворення коацерватів (агрегація, об'єднання коацерватів у дискретні групи);
- 4) формування ліпідних мембран навколо молекул білків і нуклеїнових кислот; завдяки мембранам стає можливим вибірний транспорт речовини;
- 5) виникнення метаболізму (обміну речовин між коацерватом і середовищем);
- 6) набуття коацерватами здатності до відтворення (простий поділ на основі редуплікації ДНК).

Історичний розвиток органічного світу

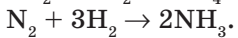
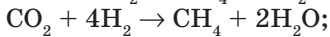
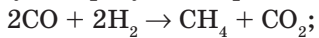
За тривалу історію Землі не раз змінювалися клімат, склад атмосфери, контури материків

і океанів. В окремих місцях суходіл вкривали льодовики. Замість тропічних лісів з'являлися пустелі, на зміну їм приходили моря. На рівнинах виникали гори, які поступово руйнувалися і перетворювалися на плоскогір'я. Дно морів піднімалося, виступали ділянки суходолу. Ці зміни, безумовно, впливали й на органічний світ нашої планети. Життя розвивалося від простих форм до складних у різних напрямках. Історію розвитку життя ділять на більш-менш тривалі відрізки часу — ери й періоди. Кожному такому відрізку властива характерна тільки для нього флора і фауна. Усі ери й періоди дістали свої назви.

Архейська ера

Архей почався відтоді, коли Земля сформувалася як планета — близько 3,5—4 млрд років тому. Тривалість його — 1 млрд років. В архей виникли умови для зародження життя: молода Земля почала охолоджуватися; пари води, які оточували планету, почали конденсуватися — утворилися моря й океани. Кисень, що міститься в атмосфері у дуже малій кількості, окиснював метали.

З газів первинної атмосфери — водню, оксидів Карбону та Нітрогену — спочатку виникали їхні сполуки в результаті реакцій трьох типів:



Енергії блискавок, ультрафіолетового випромінювання, температури вулканів було досить для утворення перших органічних сполук. Шляхом природного добору виділилися основні класи органічних речовин: білки, жири, вуглеводи та нуклеїнові кислоти. У цей час починає діяти природний добір на молекулярному рівні. З нуклеїнових кислот, білків і жирів формуються подібні до клітин структури — коацерватні краплі.

Ароморфози архейської ери.

- 1) Утворення первинної клітини.
- 2) Виникнення мітозу, що поклало початок еволюції; унаслідок мітозу дочірні клітини отримували від материнської всю повноту генетичної інформації.
- 3) Поява статевого процесу, який сприяв генетичній різноманітності та прискоренню еволюційних змін.
- 4) Формування примітивних багатоклітинних (починаючи з колоніальної форми існування).
- 5) Виникнення автотрофних (фотосинтезуючих) організмів (синьозелені водорості), гетеротрофних організмів (бактерії).
- 6) Виникнення перших еукаріотичних клітин.
- 7) Виникнення організмів аеробів.

У середині архейської ери припускають існування періоду, який називається Першою кризою життя, викликаною нестачею речовин небіологічного

походження. У результаті кризи відбувся поділ примітивних організмів за способом живлення: одні з них розширили сферу живлення за рахунок набуття нових ферментних систем, другі перейшли до активного поглинання інших клітин, а треті почали синтезувати для себе поживні речовини за допомогою сонячної енергії (фотосинтезуючі організми).

Наприкінці архейської ери змінилася атмосфера й почалася Друга криза життя на Землі. Вона пов'язана з тим, що завдяки фотосинтезу атмосфера почала збагачуватися киснем. У результаті кризи загинула більшість анаеробних організмів, за винятком деяких бактерій, які сховалися від окисника під землею, у товщі води тощо. Клітини, які вижили, стали аеробами, і саме тоді з'явився такий спосіб добування енергії клітиною, як гліколіз.

Перші живі істоти не мали ні панцирів, ні черепашок, ні твердих скелетів. Тому в породах архейської ери не залишилося їх відбитків. Проте поклади вапняку та графіту архейської ери, які утворилися в результаті діяльності живих організмів, свідчать про їх існування.

Протерозойська ера

У відкладеннях протерозойської ери, що почалася приблизно 2,7 млрд років тому, уже знаходять скам'янілі сліди повзаючих червів, відбитки кишковопорожнинних, голки губок, черепашки найпростіших.

Першими з відомих у наш час груп живих організмів були джгутікові, які й тепер займають проміжне положення між рослинами та тваринами. Можливо, що саме від них походять водорості, гриби й усі різноманітні групи тваринного світу.

У протерозойську еру з колоніальних одноклітинних організмів виникли перші багатоклітинні губки. Близько 600 млн років тому вже існували всі типи безхребетних (губки, кишковопорожнинні, черви, членистоногі, молюски та голкошкірі).

Палеозойська ера

Палеозойська ера почалася 570 млн років тому. Її поділяють на шість періодів: кембрійський, ордовіцький, силурійський, девонський, кам'яновугільний, пермський.

Життя в кембрійському періоді (тривалість складає 70 млн років) було пов'язане з водним середовищем. Водорості, які виділяли внаслідок фотосинтезу вільний кисень, значно змінили склад атмосфери. Це дало можливість розвинути-ся іншим формам життя, зокрема тим групам тварин, які дихають киснем повітря.

В ордовіцькому періоді (тривалість складає 50 млн років) водорості практично не змінилися, проте морська фауна характеризувалася величезною різноманітністю форм. У цей період близько 450 млн років тому з'явилися перші хордові.

У силурійському періоді (тривалість складає 30 млн років) життя виходить на суходіл. У перших наземних рослин псилофітів у зв'язку з виходом на суходіл почала відбуватися диференціація тканин. Тваринний світ силурійського періоду представлений тими ж групами безхребетних, що й в ордовіцькій. У пізньому силурі з'являються перші наземні тварини — стародавні павукоподібні.

У водах морів і океанів девонського періоду (тривалість складає 60 млн років) існували численні водорості. Псилофіти, які з'явилися в силурі, у девонському періоді відзначалися складнішою організацією, їхнє тіло чітко поділялося на корінь, стебло та гілки. Виникли й інші групи наземних рослин — папороті та плауни; поступово вони витіснили своїх предків і склали основу флори. Девон називають періодом риб. І дійсно, моря й озера того часу населяла безліч різних видів риб (кистепері, дводішні, променепері). Наприкінці девону з'явилися перші комахи та наземні хребетні.

У кам'яновугільному періоді (тривалість складає 70 млн років) великого поширення набули плауни, хвоці, папороті, які утворили безліч дерев'янистих форм. Дерев'яністі плауни мали до 2 м у діаметрі і до 40 м заввишки. У лісах цього періоду росли перші гриби, мохи та лишайники. Відмираючи, рослини потрапляли у воду, заносилися мулом і, пролежавши мільйони років, перетворювалися на вугілля. Перші насінні рослини з'явилися в середині карбону. На верхівках їх спеціалізованих листків розташовувалися насінні зачатки, які лежали на спорофілах відкрито, тому такі рослини дістали назву голонасінних. Процес їхнього розмноження не залежав від води, на відміну від папоротей і плаунів. Це створило можливість голонасінним поступово завоювати панівне положення серед рослин.

У дрібних озерах кам'яновугільного періоду жили ракоподібні, скорпіони, комахи, на суходолі — гастроподи, перші наземні тварини, які дихали легенями. У морях панували акули. Теплий вологий клімат карбону сприяв бурхливому розвитку земноводних.

Флора першої половини пермського періоду (тривалість складає 45 млн років) представлена папоротевими та новими групами голонасінних рослин. Поширювалися хвойні, гінкгові та саговники. З гінкгових до наших днів дожив один вид — гінкго дволопатево.

Серед хребетних у пермських морях панували акули. Великої різноманітності досягли земноводні, які ставали дедалі менше пов'язаними з водою. Перші плазуни за формою і статурою нагадували стегоцефалів. Проте навіть найпримітивніші представники цього класу виявилися краще пристосованими до життя на сухо-

долі — запліднення у них було не зовнішнім, яке обов'язково відбувалося у водному середовищі, як у земноводних, а внутрішнім, яйця ж мали товсту шкірясту оболонку, яка оберігала зародки від механічних пошкоджень і різкої зміни температури. Еволюція плазунів відбувалася дуже швидко, оскільки на суходолі ще не було тварин, здатних конкурувати з ними. Ще задовго до кінця пермського періоду плазуни витіснили стегоцефалів.

Мезозойська ера

Мезозойська ера почалася 230 млн років тому. Під час мезозою формувалися сучасні контури материків і океанів, сучасна морська флора і фауна. Ця ера поділяється на три періоди: тріасовий, юрський і крейдяний.

Сезонна зміна температур у тріасовому періоді (тривалість складає 35 млн років) почала помітно впливати на рослини та тварин. Перші групи плазунів пристосувалися до холодних сезонів. Саме вони дали початок ссавцям. Виникли листопадні дерева, які в холодні сезони частково або цілком скидають листки. Ця особливість рослин є пристосуванням до холодного клімату.

Риби в тріасі були представлені в основному акулами, іншими великими хрящовими рибами та першими примітивними кістковими рибами; земноводні — лабіринтодонтами (їхні зуби мали складну лабіринтоподібну складчасту емаль). Плазуни в тріасі характеризуються великою різноманітністю: це текодонти, крокодили та динозаври.

Клімат юрського періоду (тривалість складає 58 млн років) сприяв розвитку рослинності. У середині юрського періоду на півночі з'явилися квіткові рослини, які дуже швидко розселилися по всій планеті, витісняючи спорових і голонасінних. Розкішна флора, у свою чергу, сприяла надзвичайному поширенню динозаврів. З юрських динозаврів найбільші розміри мав брахіозавр — 26 м завдовжки, маса складала близько 50 т. У юрському періоді вперше з'являються літаючі ящери — безхвості птеродактилі та хвостаті рамфоринхи. Слід зазначити, що літаючі ящери не були предками птахів і кажанів. Усі ці групи виникли і розвивалися різними шляхами. Єдина їхня загальна риса — здатність до польоту.

Моря юрського періоду населяли дельфіноподібні плазуни — іхтіозаври. Довжина черепа деяких з них досягала 3 м, а довжина тіла — 12 м. Виникли черепахи, а трохи пізніше — і перші птахи.

Предками птахів вважаються плазуни псевдозухи, які були також родоначальниками динозаврів і крокодилів. Імовірно, перехідною формою між плазунами та птахами був археоптерикс.

Серед ссавців, що з'явилися в цьому періоді, виділилися хижакі. Найдавнішим ссавцем був дроматеріум, який досягав 12 см завдовжки та належав до яйцекладних ссавців.

У крейдяному періоді (тривалість складає 70 млн років) клімат значно змінився. У високих широтах уже була справжня зима зі снігом. У межах помірної зони частина деревних порід (горіх, ясен, бук) нічим не відрізнялася від сучасних. У стародавніх лісах пилки дерев переносився вітром. Пізніше цю функцію почали виконувати комахи. Частина пилку прилипала до їхніх кінцівок і крил, і вони переносили її з квітки на квітку. Комахи також дуже змінилися з появою квіток. Сформувалися групи, які не могли жити без пилку та нектару, — метелики, бджоли. Наприкінці крейдяного періоду, коли клімат став ще холоднішим, виникло багато холодовитривалих рослин, характерних і для флори нашого часу: верба, тополя, береза, дуб, калина.

У крейдяних морях панівне положення зайняли костисті риби. Плазуни все ще характеризувалися великою різноманітністю. Серед птахів з'явилися форми, що добре літали. Повністю вимерли археоптерикси. Багато видів птахів мали зуби. Наприклад, у гесперорніса — водоплавного птаха було 96 зубів. У пізньокрейдяному періоді вже існували беззубі птахи, родичі яких — фламінго — існують і донині.

Земноводні вже нічим не відрізнялися від сучасних форм. Ссавці були представлені хижими та рослиноїдними, сумчастими та плацентарними видами. Наприкінці крейдяного періоду ссавці широко розселилися на Землі, зайнявши екологічні ніші вимерлих динозаврів.

На відміну від динозаврів, ссавці мали сталу температуру тіла й тому менше залежали від температури середовища. Вони вигодовували своїх дитинчат молоком, виявляли складні форми турботи про потомство.

Вижили й птахи, які також мали сталу температуру тіла й були захищені від холоду пір'ям. Вони висиджували яйця, вигодовували пташенят. Із плазунів залишилися тільки ті, які ховалися від холоду в норах, і ті, що жили в тропічних та екваторіальних широтах. Від них, очевидно, і походять сучасні ящірки, змії, черепахи, крокодили.

Кайнозойська ера

Кайнозойська ера — ера нового життя, почалася близько 67 млн років тому й триває в наш час. У цю еру сформувалися сучасний рельєф, клімат, атмосфера, флора та фауна Землі, з'явилася людина. Кайнозой поділяють на два періоди — третинний і четвертинний.

На початку третинного періоду (тривалість складає 65 млн років) широко розповсюдилися сумчасті ссавці. З'явилися перші коні — еогіпуси, предки носорогів — невеликі безрогі тварини.

На території сучасної Азії в третинному періоді клімат був теплим і вологим. Сформувалися предки сучасних хоботних тварин розміром з тапіра, предки мавп і лемурів, перші свині, бобри, ховрахи, карликові безгорбі верблюда, кажани, примати. З'явилася безліч беззубих птахів, характерних для нашого часу, але поряд із ними існували гігантські нелітаючі птахи, які повністю вимерли наприкінці третинного періоду, — діатрима і фороракос. Ліси населяли олені, лісостеп — жирафи, території біля озер і боліт — бегемоти, свині, тапіри. Серед хоботних виділилися мастодонти й сучасні слони. На деревах, поряд із нижчими приматами, поселялися перші людиноподібні мавпи. Пізніше з'явилися дельфіни, тюлені, моржі. Наприкінці третинного періоду частими стають кліматичні коливання, що зумовили появу тварин, пристосованих переносити льодовикові періоди, — мамонтів і шерстистих носорогів, які досягали 3,5 м заввишки. Флора пізнього третинного періоду в середній смузі представлена грабом, тополею, каштаном, дубом, березою; на півночі — ялиною, сосною, вербою, буком, ясенем, дубом, кленом, сливою. На півдні Європи росли пальми та лаври.

Протягом четвертинного періоду, який почався 2 млн років тому, материки й океани набули сучасних обрисів. Кілька разів змінювався клімат Землі. Типова полярна фауна (песець, полярний вовк, північний олень) заселила північну тундру. Південніше жили довгорогі бізони, коні, олені, сайгаки, бурі та печерні ведмеді, вовки, лисиці, носороги, смайлодони (шаблезубі тигри), печерні та звичайні леви. У саванах Європи існували гієни, тигри, леопарди. У горах водилися тури, барси. У повноводних європейських річках розселилася безліч видів костистих риб.

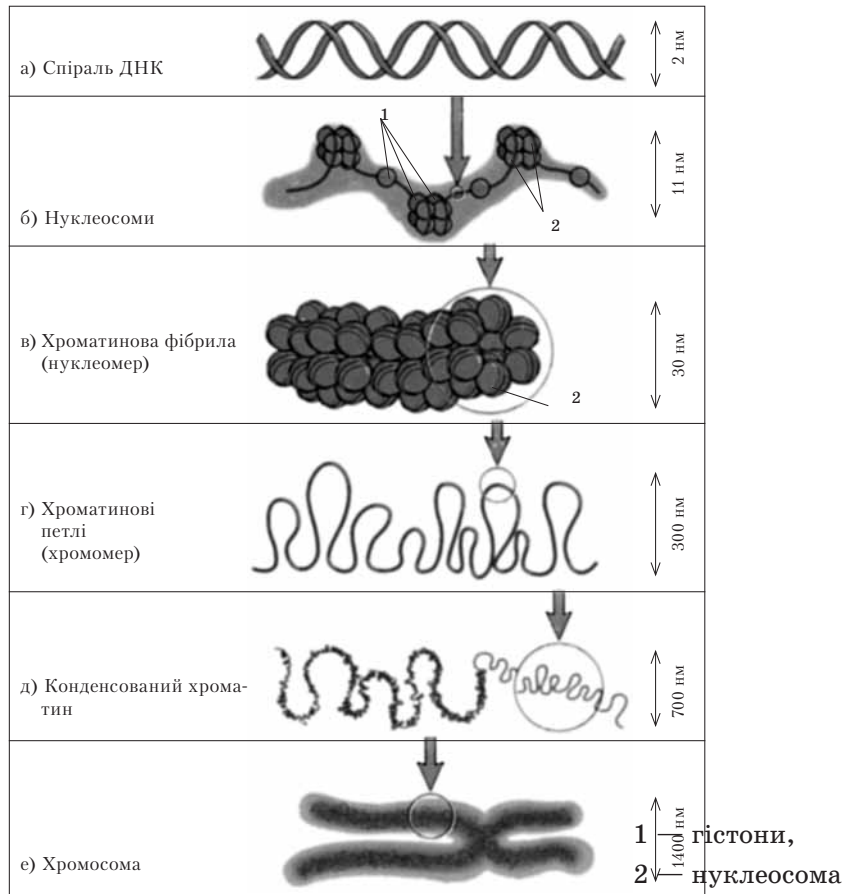
ДОДАТКИ

АМІНОКИСЛОТИ, ЩО ВХОДЯТЬ ДО СКЛАДУ БІЛКІВ

Назва	Формула
Неполярні амінокислоти	
Аланін (Ала)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Валін (Вал)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C} \diagdown \text{CH}-\text{C}-\text{COOH} \\ \text{H}_3\text{C} \diagup \quad \\ \quad \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$
Лейцин (Лей)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C} \diagdown \text{CH}-\text{H}_2\text{C}-\text{C}-\text{COOH} \\ \text{H}_3\text{C} \diagup \quad \quad \quad \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$
Ізолейцин (Іле)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C} \diagdown \text{CH}-\text{C}-\text{COOH} \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2 \diagup \quad \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$
Метіонін (Мет)	$\text{H}_3\text{C}-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Пролін (Про)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_2 \quad \text{NH} \\ \quad \quad \quad \\ \quad \quad \quad \text{CH}_2 \end{array}$
Феніл-аланін (Фен)	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Триптофан (Трп)	$\text{C}_8\text{H}_7\text{N}-\text{CH}_2-\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Полярні амінокислоти	
Гліцин (Глі)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$

Назва	Формула
Цистеїн (Цис)	$\text{HS}-\text{CH}_2-\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Лізин (Ліз)	$\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Аргінін (Арг)	$\text{H}_2\text{N}^+=\text{C}(\text{NH}_2)-\text{N}(\text{H})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Гістидин (Гіс)	$\begin{array}{c} \text{CH}=\text{N} \\ \\ \text{NH}^+-\text{CH} \end{array} -\text{C}-\text{CH}_2-\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Аспарагін (Асп)	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Аспарагінова кислота (Асп)	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Глутамін (Глн)	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Глутамінова кислота (Глу)	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Серин (Сер)	$\text{HO}-\text{CH}_2-\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Треонін (Тре)	$\text{H}_3\text{C} \diagdown \text{CH}-\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array} \\ \text{HO} \diagup$
Тирозин (Тир)	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$

РІВНІ СТРУКТУРНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ХРОМОСОМ



ГЕНЕТИЧНИЙ КОД

		Друга основа					
		У	Ц	А	Г		
Фен	УУУ	УЦУ	УАУ	УГУ	У	Третя основа	
	УУЦ	УЦЦ	УАЦ	УГЦ	Ц		
	УУА	УЦА	УАА	УГА	А		
	УУГ	УЦГ	УАГ	УГГ	Г		
Лей	ЦУУ	ЦЦУ	ЦАУ	ЦГУ	У		
	ЦУЦ	ЦЦЦ	ЦАЦ	ЦГЦ	Ц		
	ЦУА	ЦЦА	ЦАА	ЦГА	А		
	ЦУГ	ЦЦГ	ЦАГ	ЦГГ	Г		
Іле	АУУ	АЦУ	ААУ	АГУ	У		
	АУЦ	АЦЦ	ААЦ	АГЦ	Ц		
	АУА	АЦА	ААА	АГА	А		
	АУГ	АЦГ	ААГ	АГГ	Г		
Вал	ГУУ	ГЦУ	ГАУ	ГГУ	У		
	ГУЦ	ГЦЦ	ГАЦ	ГГЦ	Ц		
	ГУА	ГЦА	ГАА	ГГА	А		
	ГУГ	ГЦГ	ГАГ	ГГГ	Г		

ЗАГАЛЬНА СХЕМА КАТАБОЛІЧНИХ ШЛЯХІВ БІОРГАНІЧНИХ МОЛЕКУЛ

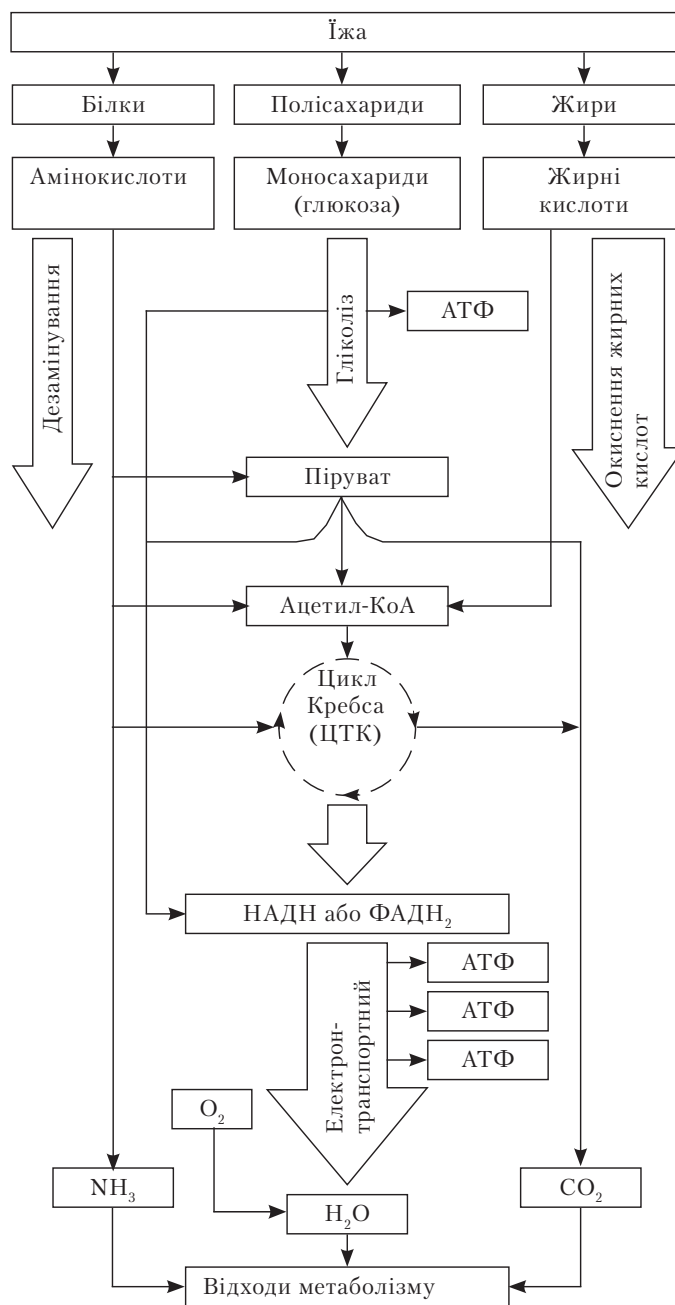
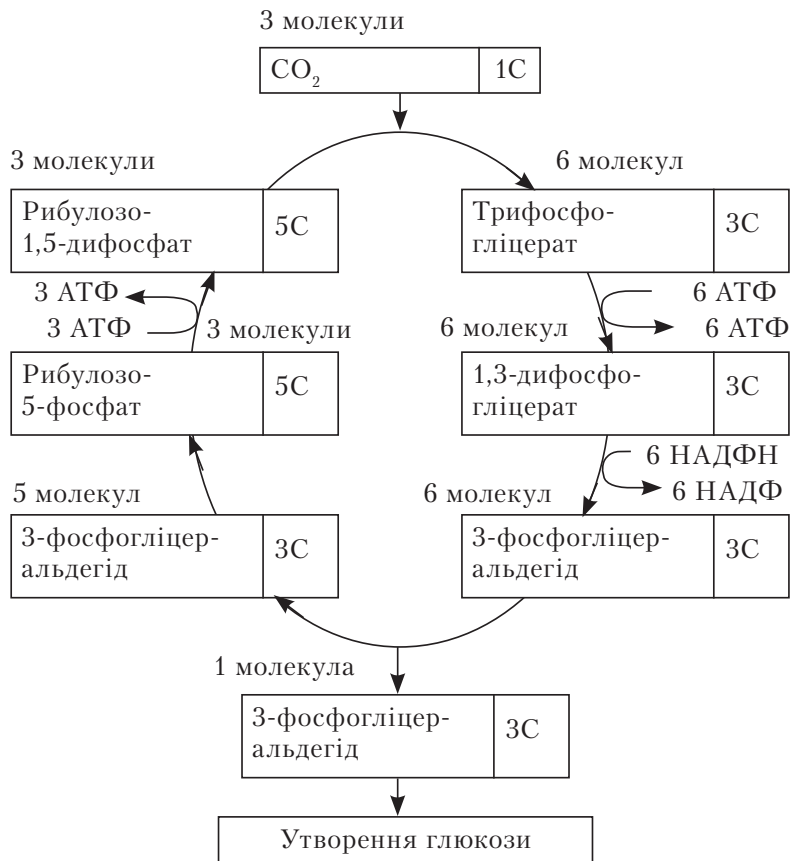


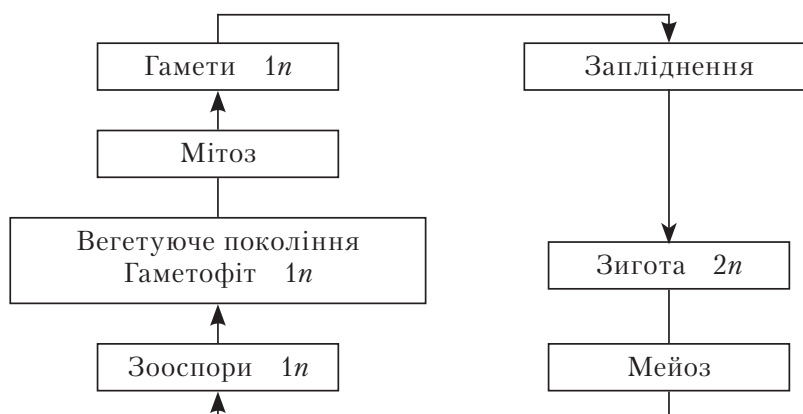
СХЕМА РЕАКЦІЙ ЦИКЛУ КАЛЬВІНА



ЗАМІННІ ТА НЕЗАМІННІ АМІНОКИСЛОТИ В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ

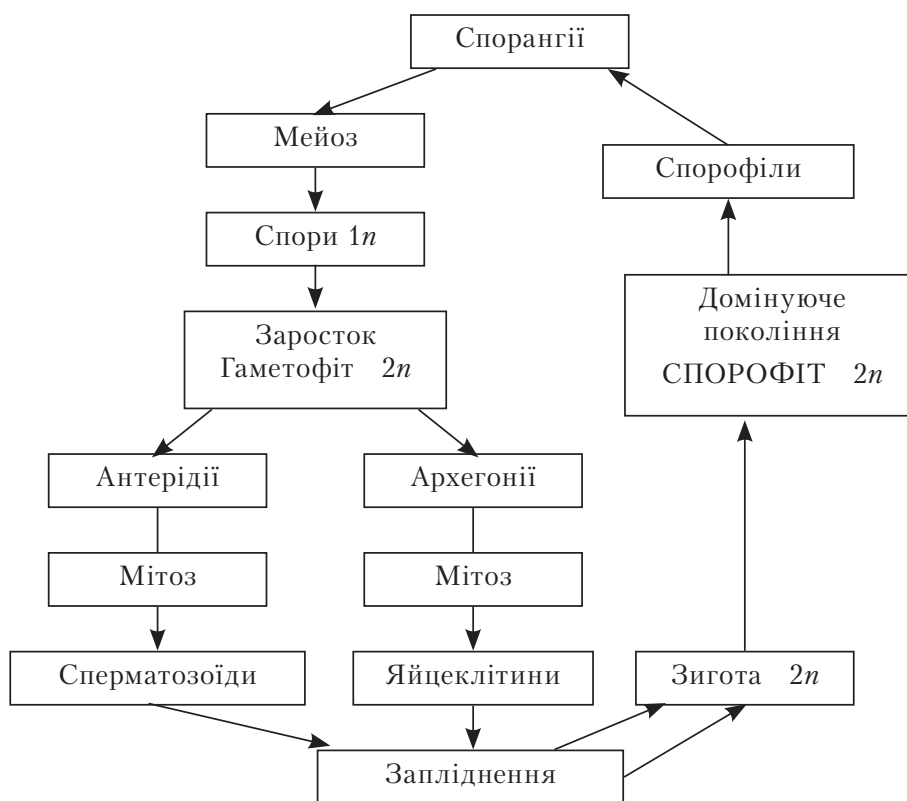
Незамінні	Замінні
Аргінін (Арг)	Аланін (Ала)
Валін (Вал)	Аспарагін (Асп)
Гістидин (Гіс)	Аспарагінова кислота, аспартат (Асп)
Лейцин (Лей)	Гліцин (Глі)
Лізин (Ліз)	Глутамінова кислота, глутамат (Глу)
Метіонін (Мет)	Пролін (Про)
Треонін (Тре)	Серин (Сер)
Триптофан (Трп)	Тирозин (Тир)
Фенілаланін (Фен)	Цистеїн (Цис)
Ізолейцин (Іле)	Глутамін (Глн)

ЗМІНА ПОКОЛІНЬ І ЯДЕРНИХ ФАЗ У НИЖЧИХ СПОРОВИХ РОСЛИН НА ПРИКЛАДІ УЛОТРИКСУ



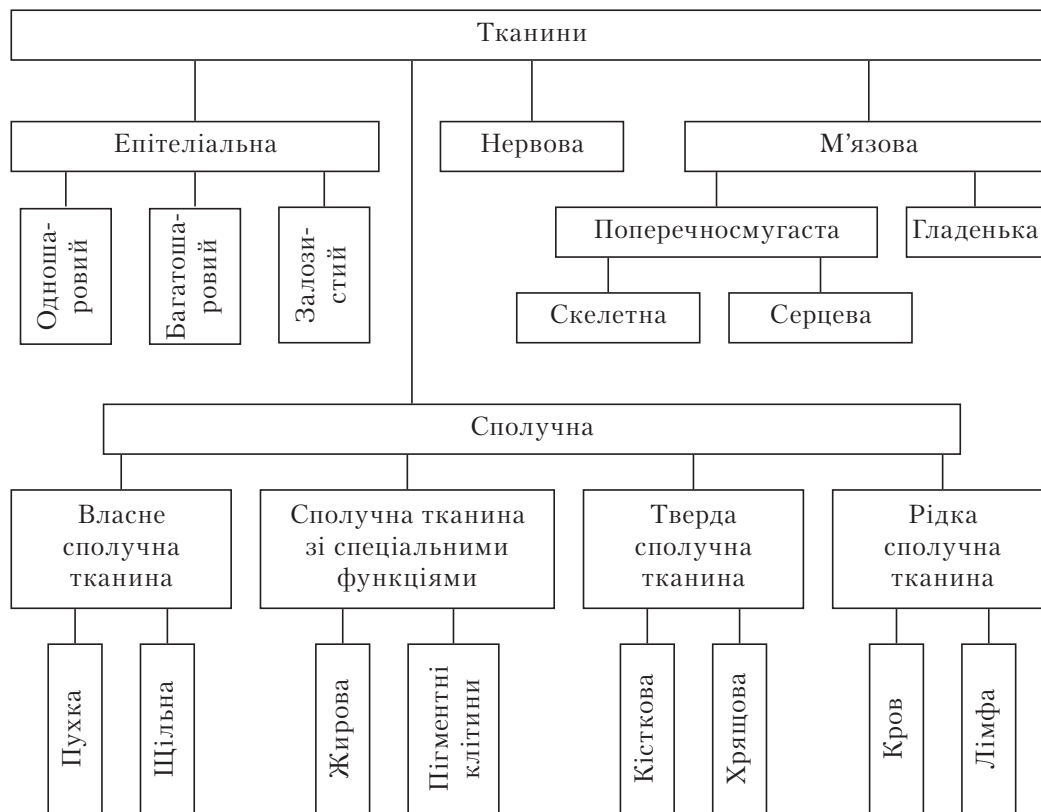
ЗМІНА ПОКОЛІНЬ І ЯДЕРНИХ ФАЗ У ВИЩИХ РІВНОСПОРОВИХ РОСЛИН

(у представників відділу мохоподібні домінуючим поколінням є гаметофіт)



ОСНОВНІ АРОМОРФОЗИ ЦАРСТВА ТВАРИНИ

Тип/клас	Ароморфози
Губки	1) Диференціювання клітин, тенденція до утворення тканин 2) Поява екто- й ентодерми
Кишково-порожнинні	1) Відокремлення мезоглеї 2) Поява нервової системи дифузного типу
Плоскі черви	1) Поява двобічної симетрії 2) Виникнення мезодерми 3) Формування травної, статевої систем 4) Поява м'язової тканини
Круглі черви	1) Наскрізна травна система 2) Поява первинної порожнини тіла 3) Поява окремих м'язів 4) Роздільностатевість
Кільчасті черви	1) Поява вторинної порожнини тіла 2) Концентрація нервових клітин 3) Поява метанефридіїв 4) Замкнена кровоносна система, що виконує функцію перенесення кисню 5) Сегментація тіла 6) Поява дихальної системи (у Багатощетинкових)
Молюски	1) Черепашка як захисний механізм
Членистоногі	1) Поява важельних кінцівок 2) Зовнішній скелет 3) Поява поперечносмугастої мускулатури 4) Розділення тіла на відділи 5) Концентрація нервових клітин на передньому кінці тіла
Хордові	1) Поява внутрішнього скелета 2) Трубочаста нервова система 3) Замкнена кровоносна система; серце на черевному боці тіла 4) Перетворення дихальної і травної систем
Кісткові та Хрящові риби	1) Череп, кісткові щелепи 2) Парні кінцівки з внутрішнім скелетом
Земноводні	1) Легені як органи наземного дихання 2) Трикамерне серце та друге коло кровообігу 3) Середнє вухо
Плазуни	1) Грудна клітка – захист органів і механізм ефективного дихання всисного типу 2) Поява тазової нирки 3) Роговиння шкіри 4) Диференціювання хребта на відділи 5) Поява зародкових і яйцевих оболонок 6) Поява неповної перегородки в шлуночку серця
Птахи	1) Теплокровність як результат повного розділення кровообігу й ефективної системи дихання 2) Поява крил – органа польоту й освоєння нової екологічної ніші
Ссавці	1) Внутрішньоутробний розвиток, плацента 2) Вигодовування дитинчат молоком 3) Диференціювання зубів 4) Прогресивний розвиток переднього мозку – можливість пристосування до умов середовища, які змінюються 5) Хутро, підшкірна жирова клітковина та потові залози як механізм терморегуляції



Відповіді до тренувальних варіантів

Варіант 1

1	Б	6	В	11	В	16	Б	21	В	26	Б	31	Б	36	В	41	А	46	В					
2	В	7	Б	12	А	17	А	22	Б	27	В	32	А	37	Г	42	Б	47	Г					
3	В	8	Г	13	В	18	А	23	А	28	Г	33	Б	38	В	43	Г	48	В					
4	А	9	Б	14	Б	19	Г	24	Б	29	Б	34	В	39	Г	44	А	49	Г					
5	А	10	Г	15	А	20	Б	25	В	30	А	35	А	40	Г	45	Г	50	Б					
51	А2 Б4 Г1 Д3				53	А2 Б4 Г1 Д3				55	А2 В3 Г1 Д4				57	А4 Б2 В3 Г1				59	1	2	3	1
52	А2 Б1 В4 Г3				54	Б1 В4 Г3 Д2				56	А1 В2 Г3 Д4				58	А2 Б4 В3 Г1				60	1	1	1	

Варіант 2

1	В	6	В	11	А	16	А	21	А	26	В	31	В	36	А	41	Г	46	Г					
2	Б	7	Г	12	В	17	В	22	Б	27	А	32	Г	37	Б	42	В	47	Б					
3	В	8	Б	13	В	18	В	23	В	28	В	33	Б	38	Г	43	Г	48	Г					
4	А	9	Г	14	В	19	В	24	В	29	А	34	В	39	В	44	В	49	Б					
5	Г	10	Б	15	А	20	Г	25	Б	30	А	35	Г	40	В	45	Б	50	Г					
51	Б2 В4 Г1 Д3				53	А4 Б1 В3 Г2				55	Б2 В4 Г3 Д1				57	А2 Б4 В3 Г1				59	1	1	1	
52	А4 Б1 В3 Д1				54	А3 Б2 В1 Г4				56	А2 Б4 В1 Д2				58	А3 Б1 В4 Г2				60	1	1	2	